

VŠB- Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb

Stavebně-technický průzkum historického objektu v obci Roudno

Building-technical survey of the historic building in Roudno

Student:

Miroslava Škopcová

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Rezek

Ostrava 2016

Zadání bakalářské práce

Student: **Miroslava Škopcová**
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3647R019 Stavební hmoty a diagnostika staveb
Téma: Stavebně-technický průzkum historického objektu v obci Roudno
Building-technical survey of the historic building in Roudno
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je provedení stavebně – technického průzkumu historického zděného objektu v obci Roudno č. p. 58, zapsaného na seznamu kulturních památek. Bude proveden předběžný stavebně – technický průzkum a následně podrobný stavebně – technický průzkum, který bude zaměřen na zjištění vlhkosti zdiva a fyzikálně – mechanických vlastností odebraných cihelných prvků.

Zásady vypracování:

1. Úvod.
2. Teoretická část – průzkumy a diagnostika historických zděných staveb. Vlhkost a salinita historických objektů, příčiny vzniku, metody sanace.
3. Experimentální část – popis historického objektu v obci Roudno. Diagnostika vad a poruch, použité diagnostické metody a jejich aplikace.
4. Vyhodnocení výsledků experimentální části. Navržená sanační patření.
5. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

BALÍK, M., a kol.: Odvlhčování staveb. Praha: Grada, 2008. 307 s. ISBN 978-80-247-2693-9.
BALÍK, M.: Vysušování zdiva v příkladech. Praha: Grada, 2010. 128 s. ISBN 978-80-247-3045-5
ŠKABRADA, J.: Konstrukce historických staveb. Praha: Argo, 2003. 398 s. ISBN 80-7203-548-7.
WITZANY J., ČEJKA T., WASSERBAUER R., ZIEGLER, R.: PDR – Poruchy, degradace a rekonstrukce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2010. 458 s. ISBN 978-80-01-04488-9.
KOTLIK P. a kol.: Stavební materiály historických objektů – Materiály, koroze, sanace. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 1999. 112 s. ISBN 80-7080-347-9.
ČSN P 73 0610. Hydroizolace staveb - Sanace vlhkého zdiva - Základní ustanovení, Praha: Český normalizační institut, 2000, 20 s.
ČSN ISO 13 822. Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014, 44 s.
a další normy, odborná periodika a sborníky dle pokynů vedoucího práce v průběhu řešení zadaného tématu.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Rezek**

Datum zadání: 30.10.2015

Datum odevzdání: 02.05.2016

Ing. Libor Židek
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že VŠB – TUO má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3 zákona č. 121/2000 Sb.)
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB- TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., O vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce panu Ing. Petrovi Rezkovi za odborné vedení, cenné rady, informace a připomínky k této bakalářské práci. Dále bych chtěla poděkovat rodině Králové za možnost odběru vzorků z rodinného domu a poskytnutí potřebných informací pro zpracování vlastního projektu.

Anotace

Škopcová, M. *Stavebně-technický průzkum historického objektu v obci Roudno*, Bakalářská práce, Ostrava: FAST, VŠB-TUO, 2016, 58 s.

Cílem práce je provedení stavebně-technického průzkumu historického objektu v obci Roudno, který je zapsán v seznamu nemovitých kulturních památek. V teoretické části se zabývám projevy, příčinami, zdroji vlhkosti a jejich negativními vlivy na stavbu. Dále jsou uvedeny základní druhy průzkumů a sanací proti snížení vlhkosti a salinitě v objektu. V rámci praktické části se zabývám stavebně-technickým průzkumem vybraného stavebního objektu. Základem průzkumu je posouzení vlhkostního stavu objektu, zjištění a identifikace poruch a vad v celém objektu. Závěr práce je věnován celkovému zhodnocení stavu objektu a předběžnému návrhu možné sanace vybraných poruch.

Klíčová slova

stavebně technický průzkum, diagnostika staveb, vlhkost, sanace, zděná konstrukce

Anotation

Škopcová, M. *Building-technical survey of the historic building in Roudno*, Bachelor thesis, Ostrava: FAST, VŠB-TUO, 2016, 58 pp.

The aim of thesis is a Structural survey of historic building in the village Roudno, which is listed on the List of Cultural Monuments. Theoretical part deals with the symptoms, causes, sources of structural dampness and their negative impact on construction. The following are the basic types of survey and damp proofing treatment to reduce the structural dampness and salinity in the building. The practical part is focused on the structural survey of the selected building. The basis of the survey is the damp survey of the building, detection and identification of failures and defects throughout the building. The conclusion is devoted to overall evaluation of the state of the building and design of a possible solution of selected defects.

Keywords

technical-building survey, diagnostic methods, humidity rehabilitation, brick buildings

Obsah

1	Úvod.....	11
1	Vlhkost a salinita historických objektů.....	13
1.1	Zdroje zvýšené vlhkosti	14
1.2	Vodorozpustné soli.....	17
2	Průzkumy staveb.....	20
2.1	Stavebně historický průzkum.....	20
2.2	Stavebně - technický průzkum	20
2.2.1	Rozdělení stavebně technického průzkumu.....	21
2.2.2	Rozdělení metod stavebně technologického průzkumu.....	21
2.2.3	Výsledky stavebně technického průzkumu.....	23
2.3	Samostatně prováděné průzkumy	24
2.3.1	Konstrukční a statický průzkum objektu	24
2.3.2	Vlhkostní průzkum stavebního objektu	24
2.3.3	Průzkum biokoroze objektu	25
2.3.4	Způsob měření vlhkosti zdiva.....	26
2.3.5	Způsoby stanovení salinity	28
3	Sanace vlhkého a zasoleného zdiva	30
3.1	Sanace vlhkého zdiva	30
3.1.1	Mechanické metody	32
3.1.2	Metody chemické.....	34
3.1.3	Vzduchové izolační systémy	36
3.1.4	Jílové izolace.....	39
3.1.5	Elektroosmotická metoda	40
3.2	Redukce obsahu solí ve zdivu	40
3.2.1	Mechanické odstranění solí	41
3.2.2	Snížení obsahu solí v materiálech.....	41

3.2.3	Nové metody odsolování	42
4	Experimentální část.....	43
4.1	Popis a průzkum vybraného objektu	43
4.1.1	Terénní podmínky a charakteristika okolí	43
4.1.2	Provozní podmínky v objektu.....	44
4.1.3	Stavebně technický popis.....	44
4.1.4	Instalace v objektu	46
4.2	Zaznamenané vady a poruchy v rámci předběžného stavebně-technického průzkumu	47
4.3	Podrobný stavebně-technický průzkum a metodika laboratorních prací	52
4.3.1	Stanovení vlhkosti.....	52
4.3.2	Obsah vodorozpustných solí	54
4.3.3	Fyzikálně – mechanické vlastnosti historických cihel.....	55
4.4	Výsledky	59
4.4.1	Vlhkost.....	59
4.4.2	Obsah vodorozpustných solí	61
4.4.1	Fyzikálně – mechanické vlastnosti historických cihel.....	62
4.5	Vyhodnocení průzkumu objektu	64
4.6	Návrh sanace a opatření vybraných poruch a vad v závislosti na provedeném stavebně technickém průzkumu.....	65
5	Závěr	67
6	Seznam použitých pramenů:	68
	Seznam rovnic.....	72
7	Seznam příloh	73
8	Přílohy.....	74

Seznam použitého značení

ČSN	Česká technická norma
A	plocha průřezu [mm^2]
F	síla [N]
f_b	pevnost v tlaku [MPa]
m	hmotnost vzorku v přirozeném stavu [g]
m_d	hmotnost vzorku vysušeného [g]
m_s	ustálená hmotnost vysušeného [g]
m_w	hmotnost vzorku plně nasyceného vodou [g]
w	hmotnostní vlhkost vzorku [%]
V	objem vzorku [mm^3]
ρ_v	objemová hmotnost [kg/mm^3]
δ	součinitel tvaru [-]

1 Úvod

Historické stavby tvoří významnou součást našeho kulturního dědictví a představují důležité hodnoty pro společnost a informace z naší minulosti. Ochrana, obnova a rekonstrukce se řídí předpisem vymezujícím vztah mezi památkou a jejich vlastníky a uživateli podle zákona č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči. K jednotlivým památkám se musí přistupovat individuálně a respektovat charakter stavby, použité materiály a technologie. Při jakémkoliv stavebním zásahu v kulturní památce a v jejím okolí je majitel povinen konzultovat nebo předem předložit návrh pracovníkům památkové péče.

V teoretické práci se zabývám vlhkostí a salinitou ve zdivu, metodikou průzkumů a přehledem sanačních metod snížení vlhkosti a salinity s ohledem na ochranu památkových staveb. Praktická část této práce je zaměřena na problematiku vlhkosti, poruchy ve stavbách, druhá část je zaměřena na stavebně technický průzkum kulturní památky venkovského domu v obci Roudno (viz obr. č. 1).



Obr. 1 Západní pohled na řešený objekt

V předběžném průzkumu bylo provedeno shromáždění všech dostupných informací o objektu, základní zaměření stávajícího stavu, provedení vizuální prohlídky objektu se zaměřením na vady a poruchy v celém objektu a následné zakreslení do výkresové dokumentace. Podrobný stavebně technický průzkum zahrnoval zjištění vlhkostního stavu, salinity zděných konstrukcí a fyzikálně-mechanické posouzení odebraných cihel části konstrukce.

Pro určení vlhkosti pomocí gravimetrické a karbidové metody byly odebrány vzorky z cihelného zdiva, a následně bylo provedeno laboratorní zhodnocení s vyhodnocením míry zavlhčení objektu. S danými vzorky se dále pracovalo k zjištění obsahu solí ve zdivu. V další části bylo provedeno posouzení fyzikálně - mechanických vlastností se zaměřením na pevnosti v tlaku a nasákavost cihelných prvků. Cihelné vzorky byly odebrány ze zborcené klenby části objektu. Závěr práce je věnován celkovému zhodnocení stavu objektu a předběžnému návrhu možné sanace vybraných poruch.

1 Vlhkost a salinita historických objektů

V materiálech s pórovitou strukturou je vždy obsaženo určité množství vlhkosti. Tato vlhkost v konstrukci není pro samotnou stavbu problém a z hlediska vnitřního mikroklimatu v budovách může mít i pozitivní přínos. Naopak velkým problémem je vlhkost, která se shromažďuje v určitých místech konstrukcí, kde způsobuje degradační procesy a následně zhoršuje užité vlastnosti konstrukce. To může vést až ke snížení funkčnosti a spolehlivosti samotné stavby. Z hlediska zvýšené vlhkosti jsou nejvíce namáhány suterénní konstrukce objektů s nefunkčním nebo chybějícím hydroizolačním systémem, v těchto případech se vlhkost dostává vztlínáním nebo difúzí vodních par z podzákladí. V daných případech vodní pára ve zdivu kondenzuje a je kapilárními silami přesouvána do dalších částí zdiva. Tyto konstrukce v objektu jsou potom zdrojem zvýšené vlhkosti. [1]

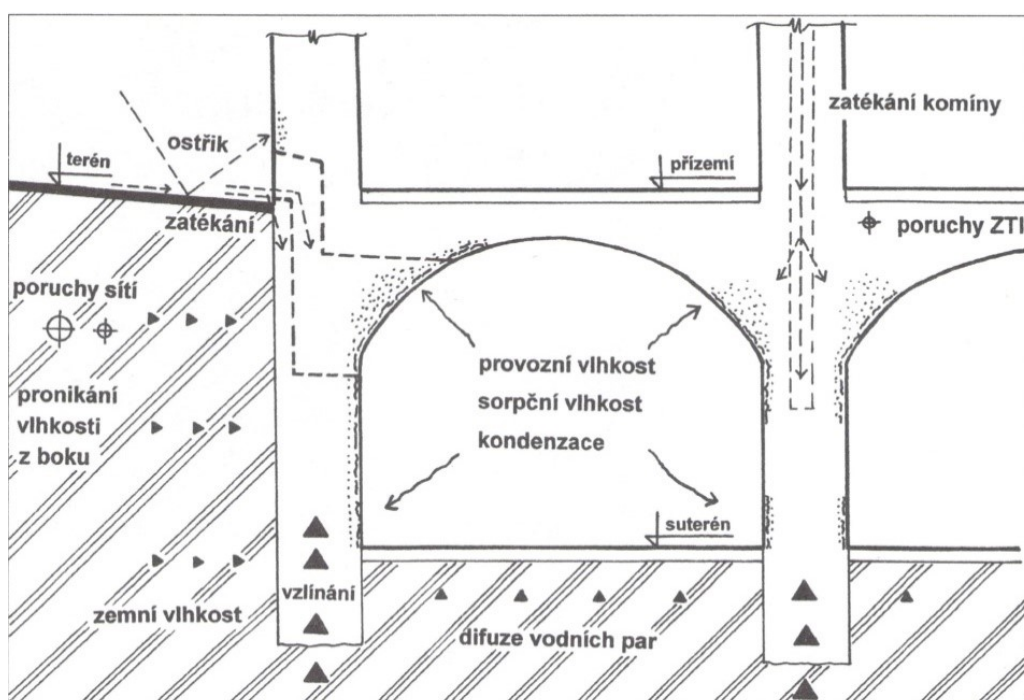
Možné příčiny vlhkosti v objektu jsou [1] :

- nedostatečná údržba (zanesení drenáže, dešťových svodů a okapů, zatékání poškozenou krytinou, komínovými průduchy, klempířskými prvky)
- změna provozních parametrů vzduchu uvnitř objektu (zvýšení relativní vlhkosti vzduchu a teploty), kde stávající konstrukce pro tyto účely nebyla dimenzována
- změna užívání objektu
- změna systému vytápění
- nevhodné stavební zásahy (zazdění větracích průduchů, dodatečné použití nepropustných materiálů na vnějším líci zdiva, které znemožňují difúzi vodních par, keramické obklady, cementové omítky, parotěsné podlahy apod.)
- změna hydrogeologických podmínek (zvýšení hladiny podzemní vody)

1.1 Zdroje zvýšené vlhkosti

Zdroje vlhkosti lze rozdělit do skupin podle způsobu a místa vnikání vody (viz obr. 2) do stavebních konstrukcí [2]:

- atmosférická voda - voda obsažená ve vzduchu ve všech skupenstvích
- podpovrchová voda - voda obsažená v zemině a podzákladi budov, lze ji rozdělit na půdní, gravitační, kapilární a podzemní
- provozní vlhkost - způsobena technologickými procesy probíhajícími uvnitř objektu



Obr. 2 Zdroje vlhkosti [1]

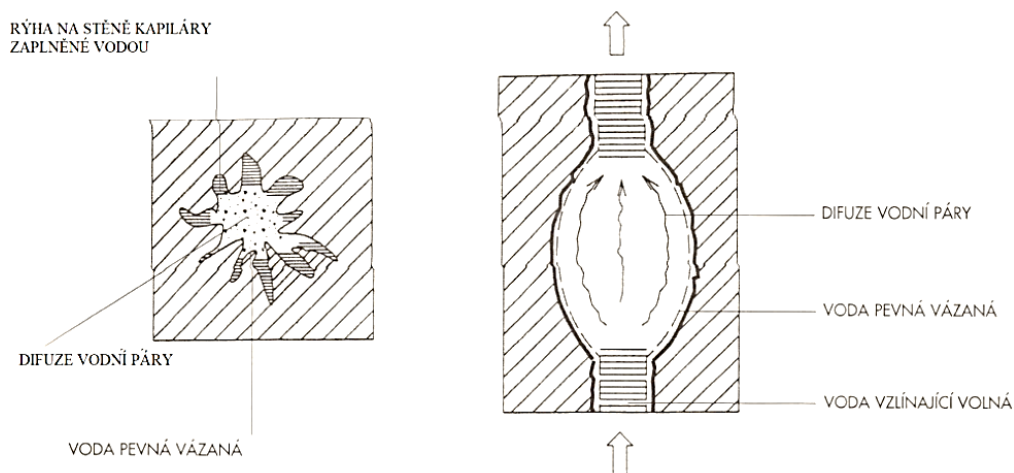
Voda srážková

Pod tímto výrazem rozumíme vodu, která působí na stavbu ve formě dešťových kapek. Srážková voda, která může být doprovázena působením větru, působí na všechny vnější konstrukce a může docházet až k zatekání do objektu prostřednictvím nezabezpečeného komínového průduchu [3]. Ochrana proti srážkové vodě bývá nejvíce zaměřená na střešní krytinu, okapové žlaby a další odvodňovací prvky (odvodňovací žlaby, střešní vpusti apod.). Venkovní omítky představují další ochranu obvodové konstrukce proti srážkové vodě. Působí-li srážková voda v místě soklů, kde dochází k odstřiku a v zimním období k nahromadění sněhu a následně k jeho tání, je nutné dbát

na odborný návrh omítky a fasádního nátěru či obkladu. Dále u soklu je třeba dodržovat spádování přilehlého terénu, respektive okapový chodník. V zimním období v přilehlých částech komunikace může docházet k pronikání solí do konstrukce z posypů z dané komunikace, což má nežádoucí účinek na povrchové úpravy zdiva soklů. Časté problémy nastávají u archivnických a jiných prvků umístěných na fasádě (např. u vystupujících konstrukcí, říms a balkónů). U těchto konstrukcí dochází k stékání srážkové vody přes okraje, a proto je nutné u takovýchto konstrukcí správně navrhnout oplechování [2].

Voda vztlínající

Kapilární vztlínání představuje pronikání vody do stavební konstrukce z podzákladí vlivem absence nebo poškození hydroizolace. Pronikání vody do konstrukce je způsobeno kapilárními silami (viz obr. 3). Výška vztlínání závisí na průměru kapiláry, čím je průměr kapilárních pórů menší, tím je vyšší obsah vody v proniklém materiálu. Vztlínání vody u cihelného zdiva s kapilárou kolem 0,01 mm může dosahovat výšky až 1,5 m. Intenzita vlhkosti ve zdivu je daná množstvím vody, které pronikne do zdiva. Ke zvýšení vztlínající vlhkosti dochází např. v situacích, kdy vlivem vydatných dešťů srážková voda proniká do podloží, u staveb v blízkosti rybníků a vodních toků, záleží také na druhu a propustnosti zeminy v daném okolí stavby. [1, 3]



Obr. 3 Průřez a řez pórem s ryhovanou stěnou a dutinou [4]

Voda obsažená v zemním prostředí

Konstrukce spodní stavby jsou vystaveny působení zemní vlhkosti a hydrofyzikálnímu namáhání. Jedná se zejména o namáhání zemní vlhkostí, gravitační vodou a tlakovou vodu. Pro přesnější určení typu hydrofyzikálního namáhání je potřeba provést hydrogeologický průzkum, který nám upřesní informace o dané lokalitě, výskytu zavlhlých částí a hloubce podzemní vody. Pro zamezení nepříznivého působení zemní vody na stavební objekt se navrhuje hydroizolace spodní stavby a to s ohledem na daný typ hydrofyzikálního namáhání konstrukce. Při špatném návrhu hydroizolace může dojít k zhoršení stavu vlhkosti v objektu a to vede později ke komplikované, pracné a finančně nákladné sanaci. Daná problematika by se neměla podceňovat a může v budoucnu zabránit problémům s výskytem vlhkosti. [2]

Voda zabudovaná do konstrukce

K výskytu zabudované vody do stavební konstrukce dochází při realizaci stavby za použití mokřích technologických postupů zdění nebo omítání. Tato vlhkost se nazývá počáteční (výrobní) vlhkost, která během času vysychá, ale záleží přitom na použitém materiálu. Pohybuje se zpravidla v rozmezí 2 až 7 let, např. obvodová zeď vyzděná z cihel vysychá 2 roky, ale při zhotovení obvodové zdi z pórobetonových tvárnic může vysychat 6 – 7 let. Po dosažení této doby vysychání mluvíme o praktické vlhkosti, která už je charakteristická pro určitý materiál po delší době užívání. Ani po ustálení není praktická vlhkost úplně konstantní, jelikož v průběhu užívání dochází vždy k malým výkyvům následkem provozu, venkovního klimatu a větrání objektu. Problém nastává, když dojde k zabudování vlhkosti v důsledku neodborného návrhu nebo chybného provedení. Ke zvýšení zabudované vlhkosti dochází například tehdy, jestliže dojde k uzavření vlhkosti mezi dvě vrstvy s vyšším difúzním odporem např. u ploché střechy. [2]

Voda obsažená v konstrukci v důsledku difúze vodní páry

Difúze vodní páry je jev, kde dochází k průniku vodní páry, jež je obsažena ve vzduchu a následně přechází do konstrukce pomocí parciálních tlaků vodní páry do prostředí s nižším parciálním tlakem (např. skrz obvodovou zeď z interiéru do exteriéru). Tento jev se musí zohlednit při návrhu obvodových konstrukcí a střešních plášťů jak u novostaveb, tak i rekonstrukcí a sanací. Difúzní podmínky jsou závislé na teplotě

vnitřního vzduchu v interiéru budov a teplotě venkovního vzduchu. V našich klimatických podmínkách dochází k difúzi par skrze obvodové konstrukce budov většinou ve směru z interiéru do exteriéru. Tento poznatek následně zohledňujeme při projektování svislých obvodových konstrukcí a střešních plášťů. [4]

Povrchová kondenzace

Kondenzací rozumíme vysrážení vodní páry ve vodu na povrchu nebo uvnitř těles. Povrchová kondenzace je zapříčiněna teplotními a vlhkostními režimy vzduchu v místnosti, které mohou být způsobeny změnami vytápění, větrání a dalším užíváním místnosti. Kondenzace nastává na povrchu konstrukce a projevuje se lokálně nejčastěji v místech tepelných mostů. [1]

Hygroskopický příjem vlhkosti

Schopnost materiálů přijímat vodu se zvyšuje s obsahem vodorozpustných solí. Plocha vlhkého zdiva obsahujícího vodorozpustné soli roste s nárůstem vlhkosti ve vzduchu, ke zvyšování vlhkosti zdiva dochází i bez rosného bodu. Jelikož vodorozpustné soli jsou většinou hygroskopické, tzn. mají schopnost vázat na sebe vzdušnou vlhkost. Dané zasolené zdivo může přijímat mnohonásobně vyšší obsah vody z okolního vzduchu než zdivo bez zasolení. Vlhkost v konstrukci pomáhá k pohybu rozpuštěných solí v dané konstrukci a následně vede ke vzniku zasolených míst. Oblasti o vysoké salinitě mají snahu samovolně přijímat vodu, aby došlo k vyrovnaní koncentrace se sousedními oblastmi. Tento daný jev nazýváme osmózou. [3]

Další zdroje zvýšené vlhkosti

Dalšími možnými příčinami zvýšení vlhkosti může být pronikání vody z poškozených sanitárních instalací, chybějící, zanesené nebo porušené okapy a dešťové svody, poškozená střešní krytina. [1]

1.2 Vodorozpustné soli

Vodorozpustné soli jsou dnes považovány za nejčastější příčinu poškození stavebních materiálů hlavně v spodních částech stavby. [5] Nejčastějšími solemi poškozujícími zdivo jsou sírany, chloridy a dusičnany. Soli mohou reagovat s určitými složkami stavebního materiálu, např. nedohašeným vápnem a to vede k chemickému rozrušování.

Znatelně větším problémem je koroze stavebních hmot způsobená hydratačními a krystalizačními tlaky při změně krystalické formy solí. [1, 3]. Jednotlivé zdroje solí lze rozdělit do skupin podle [5]:

- primárně obsažené v některém z materiálů použitých ve stavbě např. nekvalitní písek, vápno, cihly,
- transportované vztlínající vlhkostí z okolního terénu nebo pronikání vlhkosti z jiných částí budovy,
- vznikající chemickou korozí materiálů použitých ve stavbě vlivem ovzduší (např. působení kyselých dešťů),
- vzniklé z biologických zdrojů,
- vzniklé v důsledku sanačních opatření.

Značná část solí se dostává do zdiva pomocí vztlínající vlhkosti. Tyto soli se po odpaření vody hromadí v různých částech zdiva. Největší koncentrace solí bývá na povrchových vrstvách konstrukcí, v omítkách, pod nátěry nebo i v nich. Při pohybu a hromadění solí v určitých místech budov má důležitou roli odpařování, rozpustnost solí a pohyblivost jednotlivých iontů. Patří sem i soli pocházející ze solných posypů komunikací v blízkosti budov v zimních měsících, většinou se jedná o chloridy. V objektech v lokalitách se zemědělskou činností nebo dřívější zemědělskou činností můžeme nalézt zvýšený obsah dusičnanů. Zvýšený obsah solí ve zdivu se vztlínající vlhkostí zpomaluje vysychání zdiva a ovlivňuje výšku jeho zavlhčení, a tím dochází k zvýšení úrovně zavlhčení zdiva. [1]

K poruchám stavebního materiálu většinou dochází, pokud soli krystalizují pod jejich povrchem. Vznikají výkvěty na povrchu materiálu a tím dochází k povrchovému poškození. Zejména to platí pro soli, které snadno dehydrují např. síran sodný. U solí špatně rozpustných jako je sádrovec je nebezpečná povrchová krystalizace, kde se nepropustná krusta může později odtrhnout i s částí podkladu. [3]

Chování solí v pórech materiálu souvisí s množstvím vody. Tab. 1 uvádí hodnoty rozpustnosti některých solí, které se ve stavebních materiálech mohou objevovat. [5]

Tabulka 1: Rozpustnost vybraných anorganických solí ve vodě [5]

Sůl		Rozpustnost [g/l]
síran vápenatý	$\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	2,4
síran draselný	K_2SO_4	111
dusičnan draselný	KNO_3	316
uhličitan sodný	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$	914
síran hořečnatý	$\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	1172
síran sodný	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$	583
chlorid sodný	NaCl	360
chlorid draselný	KCl	340
dusičnan sodný	NaNO_3	880
dusičnan amonný	NH_4NO_3	1920
dusičnan hořečnatý	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	2805
dusičnan vápenatý	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	4305
uhličitan draselný	$\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	1410
chlorid hořečnatý	$\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	3051
chlorid vápenatý	$\text{CaCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	5359
hydrogenuhličitan vápenatý	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	1,6
uhličitan vápenatý	CaCO_3	0,013
uhličitan hořečnatý	MgCO_3	0,094

Z tabulky můžeme vidět, že rozpustnost uvedených solí se značně liší a ve všech případech je podstatně vyšší než rozpustnost uhličitanu vápenatého nebo hořečnatého. Vysoká rozpustnost je daná u některých solí jejich velkou pohyblivostí v pórovitém systému. Ve formě roztoku mohou být transportovány z míst s vyšším obsahem solí do míst s nižší koncentrací solí. Rychlost pohybu solí je dána hlavně množstvím vody v pórech. U historických objektů se můžeme setkat s různými solemi ve stavebních materiálech, které pocházejí z různých zdrojů. Některé typy solí mohou reagovat se složkou stavebního materiálu za vzniku nových nebezpečných sloučenin. Například minerál ettringit (Candlotova sůl) vzniká reakcí síranových aniontů s hydraulickými pojivy. Výsledná sůl má složení $3 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{CaSO}_4 \cdot 32 \text{H}_2\text{O}$. Její vznik je doprovázen velkými objemovými změnami, které jsou příčinou destrukce napadeného materiálu. [5]

2 Průzkumy staveb

K zjištění kompletních a ucelených informací o posuzovaném objektu je zapotřebí provést průzkumy staveb. Během těchto průzkumů zjišťujeme, v jakém technickém stavu se objekt nachází, provedení stavby a jaké má vlastnosti. Tyto informace slouží jako podklady pro projektování.

2.1 Stavebně historický průzkum

Provádí se především jako podklad pro zpracování projektu pro obnovu a ochranu památky. Při provádění se dbá především na metody nedestruktivní, aby nedošlo k poškození chráněných částí památky. V případech, kdy nelze získat spolehlivé údaje a informace o složení jednotlivých materiálů a uspořádání konstrukce, je možné přistoupit k použití destruktivních diagnostických metod. Navržené destruktivní metody se mohou provádět až po souhlasu stanoveného příslušného pracovníka památkové péče [6]. Doporučené členění historického průzkumu musí obsahovat [7]:

- analýzu historických podkladů, doklady o jednotlivých přestavbách a architektonickém vývoji,
- detailní popis památky a její zaměření, architektonický rozbor,
- hodnocení z uměleckého a historického pohledu,
- závěr a doporučení k možnostem ochrany památkové podstaty.

2.2 Stavebně - technický průzkum

Základem průzkumu je poskytnout projektantovi všechny dostupné informace o stavu objektu a jednotlivých nosných konstrukčních prvků. Následně se zabývá okolním územím s návazností na objekt, přehledem nalezených vad a poruch v objektu a popřípadě návrhem sanačních řešení k jednotlivým poruchám a vadám. Rozsah stavebně technického průzkumu u staveb je individuální, záleží, za jakým účelem se provádí, na stavu objektu, určeném časovém intervalu pro průzkum, přístupnosti objektu, dále možnosti provedení sond pro zjištění stavu zakrytých částí

a požadovaných finančních nákladech. Stavebně technický průzkum provádíme za účelem [7]:

- rekonstrukce,
- přístavby k objektu a nástavby,
- změny vlastníka objektu,
- zjištění příčin, závažnosti poruch v objektu,
- nové výstavby v těsném sousedství.

2.2.1 Rozdělení stavebně technického průzkumu

Předběžný průzkum

Základním cílem je shromáždit veškeré informace o objektu, dohledat projektovou dokumentaci, použité materiály, stavební změny, přístavby, informace o okolním území. Provede se vizuální prohlídka objektu a zaznamenají se nalezené vady a poruchy, které nám určí kritická místa v objektu. [8]

Podrobný průzkum

Navazuje na předběžný průzkum, konkretizuje a doplňuje informace k posouzení stavu jednotlivých nosných částí v objektech. Využívá se zde kvantitativních zkušebních metod pro zkoušky materiálu nosných konstrukcí a odběrů vzorků. Provádí se analýza kritických míst stavby nebo území. Určí se u nich příčiny a stupeň opotřebení a degradace materiálu a konstrukcí. Závěry zahrnují celkové hodnocení objektu a návrh opatření konstrukčního a provozního charakteru. [7]

Doplňkový průzkum

Provádí se především při projektování, před zahájením rekonstrukce. Zpřesňuje a doplňuje chybějící informace o objektu, které se lišily od stávajících podkladů. [7]

2.2.2 Rozdělení metod stavebně technologického průzkumu

Při realizaci průzkumu se většinou používá více metod, které se vzájemně doplňují. Základní metody jsou [8]:

- smyslové metody – průzkum, kde je použito jednoduchých pomůcek,

- přístrojové a laboratorní metody.

Smyslové metody

Smyslovými metodami především zjišťujeme dle [8] :

- povrchové poškození, kvalitu povrchů, vlhkost (lupa, dalekohled, zrcátko),
- trhliny (lupa, měrka na trhliny, měřítko, plastová fólie ke zjištění hloubky),
- deformace a posuny většího rozsahu (ocelové kuličky, vodováha, olovnice),
- poruchy spojů konstrukcí,
- stopy po biologických činitelích na stavebním materiálu,
- kvalitu materiálů – odhad vlastností (geologické kladívko, hřeby, tesařská skoba, dláto, špičák),
- zakryté dutiny (kladívko).

Přístrojové metody

Používají se k přesnějšímu zjištění mechanických a fyzikálních vlastností. Dělí se na dvě podskupiny nedestruktivní a destruktivní metody. [8]

Nedestruktivní metody

Tyto metody se využívají ke zkoušce materiálu bez porušení nebo s porušením daného stupně, kdy funkční vlastnosti zkoušených prvků zůstávají zachovány. Pomocí nedestruktivních metod zjišťujeme informace nepřímo. Pokud pro jejich užívání neexistují dané normy, předpisy či jiné podklady, je nutno připravit soubor vzorků předepsaných či požadovaných vlastností odvozených od vlastností zkušebního materiálu a na nich provést nedestruktivní a destruktivní zkoušky. Následně je nutné pomocí matematické statistiky vytvořit kalibrační vztah, který lze použít pro určité potřebné veličiny. Pro stanovení kalibračního vztahu je nutno vyzkoušet minimálně 16 vzorků, jejich vlastnosti musí odpovídat charakteristikám zkoušeného materiálu. Příklady nedestruktivních metod [8]:

- optická kontrola,
- měření posunů a deformací,
- tvrdoměrné metody,

- metody místního porušení (jádrové vývrty),
- magnetická indikace kovů.

Destruktivní metody

Při odebírání vzorků je nutné počítat s větším množstvím materiálu nebo jeho složek, než u nedestruktivních zkoušek. Destruktivní zkoušky zaměřené na fyzikální a mechanické vlastnosti se provádí v laboratořích nebo zkušebnách. Na základě zjištěných vlastností pomocí destruktivních metod získáváme přímo informace o daném materiálu. Většina destruktivních metod pro zkoušení materiálu je normována pro zjištění kvality nových materiálů. Proto je nutno zkoušený vzorek odebrat z konstrukce před zkouškou upravit. Při vyhodnocení zkoušek se výsledné naměřené hodnoty převádějí pomocí korelačních vztahů. [8]

2.2.3 Výsledky stavebně technického průzkumu

Výsledkem je zpráva o provedení stavebně technického průzkumu, která nás informuje o stavu objektu. Součástí zprávy je fotodokumentace objektu a projektová dokumentace s vyznačenými poruchami a vadami. Možné členění zprávy technického průzkumu [8]:

- **Základní údaje:** patří zde identifikační údaje o akci, objednateli a zhotoviteli průzkumu, přesné specifické zadání.
- **Specifikace pokladových materiálů:** zaměřuje se zejména na způsob odebírání vzorku, jejich vyhodnocení, specifikace přístrojů atd..
- **Nález - charakteristika objektu a jeho okolí:** poloha objektu, stáří, stavební vývoj a provozní využívání objektu, konstrukční řešení objektu, popis okolí objektu, popis fyzického stavu konstrukcí objektů, lokalizace, popis a stanovení příčin zjištěných vad a poruch.
- **Vyhodnocení nálezu a návrh opatření:** přiřazení sanačních zásahů k jednotlivým poruchám a porovnání použité aplikace z hlediska účinnosti, technologie realizace a nákladů, doporučení optimálních sanačních technologií pro zjištěné vady a poruchy, doporučení dalších průzkumných činností, fotodokumentace, zkušební zprávy a protokoly.

2.3 Samostatně prováděné průzkumy

V rámci stavebně technického stavebně průzkumu se provádí samostatné průzkumy objektů. Jednotlivé výsledky z průzkumů tvoří celkový stavebně technický průzkum.

Samostatně prováděné průzkumy mohou být [8]:

- konstrukční a statický průzkum,
- vlhkostní průzkum včetně radonového, inženýrského-geologického a hydrogeologického průzkumu,
- průzkum biokoroze objektu.

2.3.1 Konstrukční a statický průzkum objektu

V daném průzkumu se zaměřujeme především na zjištění stavu:

- základových konstrukcí,
- svislých nosných konstrukcí,
- vodorovných (stropních) nosných konstrukcí,
- střešních konstrukcí,
- schodišťových konstrukcí,
- visutých konstrukcí (balkóny, pavlače, arkýře).

Při realizaci průzkumu se používá kombinace destruktivních a nedestruktivních metod, které se vzájemně doplňují. Zaměřuje se především na [8]:

- poruchy,
- vady vzniklé během výstavby,
- uspořádání zakrytých konstrukčních detailů,
- pevnost a další charakteristiky materiálů.

2.3.2 Vlhkostní průzkum stavebního objektu

Součástí celkového průzkumu je i vlhkostní průzkum, který může být zpracován jako součást komplexního průzkumu nebo ve formě samostatné práce jako podklad pro projektanta a investora. Průzkum by měl být zpracován již při úvodních návrzích projektové dokumentace. Realizace sanačních zásahů může výrazně ovlivnit celkové

stavební řešení (dispozice, způsob využití jednotlivých prostorů) a cenu rekonstrukce. V mezních případech může vést i ke změně původních investičních záměrů [3].

V rámci průzkumu se shromáždí informace o stavbě, na jejich základě se provede analýza stavu objektu a stanoví se příčina poruch. Závěrem průzkumu je návrh jednotlivých sanačních opatření. [8]

2.3.3 Průzkum biokoroze objektu

Daný průzkum následuje většinou po vlhkostním průzkumu objektu. Biologičtí činitelé se vyskytují především v souvislosti se zvýšenou vlhkostí ve stavebním objektu nebo jeho části. Biologičtí škůdci jsou z hlediska zdravotní a obecné hygieny pro člověka velmi nebezpeční. Tento typ průzkumu se především provádí u dřevěných konstrukcí. [8]

Hlavními druhy biologických škůdců jsou [1]:

- Bakterie sirné, nitrifikační, desulfurikační a heterotrofní bakterie,
- sinice, řasy, lišejníky,
- houby,
- mechorosty,
- hmyz a plísň.

Při průzkumu zjišťujeme zejména stupeň a rozsah poškození materiálu, druh biologického napadení, příčinu poškození. Závěrem průzkumu je zpráva o stavu objektu z hlediska biokoroze a návrh sanačních opatření. [8]

2.3.4 Způsob měření vlhkosti zdiva

Zjištění získaná vizuálním průzkumem konstrukcí bývají upřesněna provedením měření hodnot vlhkosti. Mezi nejčastěji používané postupy patří měření vlhkosti v laboratoři z odebraných vzorků (gravimetrická, hmotnostní metoda), měření vlhkosti na stavbě (metoda karbidu vápníku, kapacitní nebo odporový způsob). [8]

Měření vlhkosti

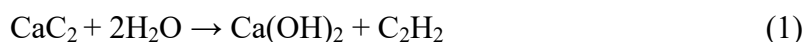
Stanovení vlhkosti sanované stavby je základním prvkem průzkumu. Je důležitou součástí posouzení stavu zavlhnutí objektu a návrhu sanačních opatření. [3]

Gravimetrická metoda

Princip metody spočívá v tom, že v měřeném místě se pomocí sekáče nebo vrtačky odebere vzorek, který se následně v laboratoři zváží, vysuší při nastavené teplotě a posléze opět zváží. Výsledný rozdíl hmotnosti vlhkého a suchého vzorku představuje hmotnost vody, která byla obsažena ve vzorku. Pokud mají být výsledky měření adekvátní, nesmí se materiál při odběru ohřívat (nesmí se používat vysokorychlostní vrtačky). [4]

Plynová metoda

Je založena na chemické reakci mezi vodou přítomnou v materiálu a plynotvornou látkou. Porovnává se závislost tlaku na vlhkosti. Nejčastěji je používána karbidová metoda, je založena na chemické reakci karbidu vápníku s vodou za vzniku plynu acetylénu. [8]



Odporové metody

Princip měření je dán eklektickým odporem pomocí kovových elektrod přikládaných k omítce nebo zdivu pro porovnání povrchové vlhkosti. Přístroj je založen na tom, že voda vytváří elektrolyty a tím mění elektrickou vodivost materiálu. Tyto vlhkoměry jsou méně spolehlivé, jsou závislé na okolní teplotě a obsahu solí. Proto se odporové vlhkoměry používají spíše pro dřevo. Vliv teploty a solí na funkci odporového vlhkoměru není výrazný, ale je nutné provést pro každý materiál kalibraci přístroje. Pokud zjišťujeme vlhkost v hloubce a používáme metody pomocí nastřelovacích

hřebíků, měřicí přístroj je k nim připojen krokosvorkou - krokodýlkem. Další metodou je vložení elektrod do předvrtaných otvorů. Používá se pro doplňkové orientační měření v rozsahu do 6 % hmotnostní vlhkosti materiálu. [1]

Kapacitní metody

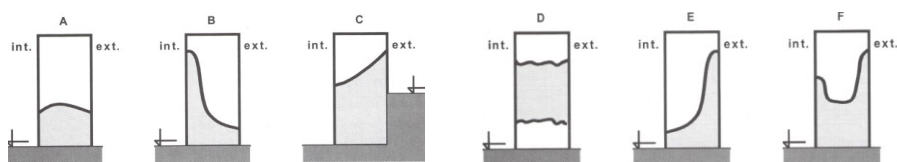
Principem měření je změna kapacity kondenzátoru vytvořeného z dvou kovových mezikruží. Společně s cívkou vytváří rezonanční obvod na rozsahu okolo 100 MHz. Daná změna frekvence je závislá na vlhkosti, měří se vlhkoměrem. Výhodou je přímková závislost, nevýhodou potřebná kalibrace v daných bodech gravimetrickou metodou. [8]

Rozmístění vzorků

Určení míst k odběru vzorků pro vlhkostní měření je třeba volit s ohledem na požadovanou přesnost výsledků a reprezentaci vzorků. Vlhkost zdiva měříme v různých výškových úrovních a částech objektu. Vždy je třeba odebrat referenční vzorek i nad hranicí zavlhčení. Pro vyloučení rizika povrchové kondenzace je třeba vzorek odebírat v hloubce cca 5 - 10 cm. Sondy v dané hloubce zdiva vyloučí možnost zkreslení vlhkostního stavu na povrchu konstrukce vlivem různých cementových nebo asfaltových izolací pod omítkou. [3]

Analýza zjištěných skutečností

Na základě provedeného průzkumu a použitých podkladů můžeme přistoupit k analýze vlhkosti objektu. S pomocí výsledků všech uvedených částí průzkumu včetně laboratorních rozborů je třeba určit hlavní příčiny a druh vlhkosti v jednotlivých částech objektu. Tato část průzkumu je nejobtížnější z důvodu stanovení příčiny a míry vlhkosti, neboť vyžaduje zkušenosti zpracovatele průzkumu. Vlhkostní průzkum je podkladem pro rozhodnutí o způsobu navržení sanačních metod [4]. Změřenou vlhkost zdiva vyhodnocujeme např. podle normy dle ČSN P 73 0610. Jednotlivé klasifikace zavlhčení udává tab. 2.



Obr. 4 A – vztlínající vlhkost, B – povrchová kondenzace vnitřní straně zdiva, C – vztlínající vlhkost a kondenzace, E- hydrokopická vlhkost, F- pronikání dešťové vody [3]

Tabulka 2 - Vlhkost zdiva dle ČSN P 73 0610

Stupeň vlhkosti	Vlhkost zdiva w [% hm.]
Velmi nízká	$w < 3$
Nízká	$3 \leq w < 5$
Zvýšená	$5 \leq w < 7,5$
Vysoká	$7,5 \leq w \leq 10$
Velmi vysoká	$w > 10$

Rozdělení vlhkosti dle návrhu normy je orientační a platí pro cihelné zdivo nebo vápennou maltu. V místnostech s normálním tepelně vlhkostním režimem má cihelné zdivo hmotnostní obsah vlhkosti kolem 2 %, což lze označit jako zdivo suché. Místnosti, kde zdivo má obsah vlhkosti 6 % a více, jsou nevyhovující pro přebývání osob. Doporučené hodnoty z hlediska hygienického kritéria jsou kolem 4 % vlhkosti zdiva. [3]

Vlhkost zdiva je vždy daná závislostí na vlhkosti prostředí a naopak. Podle relativní vlhkosti rozlišujeme (dle ČSN P 73 0610) místnosti do čtyř skupin (viz tab. 3.)

Tabulka 3 - Vlhkost vzduchu ve vnitřním prostředí budov dle ČSN P 73 0610

Vlhkostní klima vnitřního prostředí	Relativní vlhkost vzduchu (%)
suché	<50
normální	50 až 60
vlhké	60 až 75
mokrý	> 75

2.3.5 Způsoby stanovení salinity

Provádí se zejména zjištění základních vodorozpustných solí v konstrukcích a to především sírany, chloridy a dusičnany.

Určování salinity

Pro stanovení obsahu solí ve zdivu existuje řada metod, které se liší pracností, přístrojovou náročností, přesností, požadavkem na velikost vzorku i cenou. Chemickou analýzou vzorků se obvykle určují síranové, chloridové a dusičnanové anionty, kationty jsou stanovované výjimečně. Nejběžnější metodou je metoda gravimetrická (anion se vyluhuje, převede na nerozpustnou sůl a poté se sraženina zváží), dále postupy využívající iontově selektivních elektrod nebo metody spektrální. Analýza většího

množství vzorků je finančně náročná a proto se využívají všechny dostupné informace o původním využití objektu. U památkově chráněných objektů je vhodné použít prameny z historického průzkumu. Místa pro odběr vzorku se volí tak, aby vzorky byly dostatečně reprezentativní [4]. Vzorek je třeba odebírat z různých výškových úrovní a hloubek, z exponovaných a méně exponovaných ploch. Rozsah určování salinity závisí na typu průzkumu. Pro základní průzkum lze určit zasolení pomocí stěrů na povrchu zdiva. Poslouží k dokumentaci vyskytujících se druhů solí. Soli se určují z materiálu odebraného v hloubce 0-2 cm (omítka), případně 0-0,5 cm (štuková vrstva) a 5-10 cm (zdivo). Orientačně lze rozsah zasolení určit z vizuálního průzkumu podle vlhkostních map nacházejících se na konstrukci. [3]

Vyhodnocení salinity zdiva

Určení obsahu solí v daném objektu je vždy problematické, jelikož závisí na hloubce odběru vzorku (soli se nejvíce koncentrují na povrchu v odpařovací zóně), ale i na druhu solí, odolnosti materiálu a dané pórovitosti materiálu. Orientačně lze stupně zasolení objektu posoudit dle normy ČSN P 73 0610 (viz tabulka 4.)

Tabulka 4 - Salinita zdiva dle ČSN P 73 0610

Stupeň zasolení zdiva	Obsah solí v mg/g vzorku a v procentech hmotnosti					
	Chloridy		Dusičnany		Sířany	
	mg/g	% hmotnost	mg/g	% hmotnost	mg/g	% hmotnost
nízký	<0,75	<0,075	<1,0	<0,10	<5,0	<0,50
zvýšený	0,75 až 2,0	0,075 až 0,20	1,0 až 2,5	0,10 až 0,25	5,0 až 20	0,50 až 2,0
vysoký	2,0 až 5,0	0,20 až 0,50	2,5 až 5,0	0,25 až 0,50	20 až 50	2,0 až 5,0
velmi vysoký	>5,0	>0,50	>5,0	>0,50	> 50	> 5,0

3 Sanace vlhkého a zasoleného zdiva

3.1 Sanace vlhkého zdiva

Cílem sanace vlhkého zdiva je trvale snížit obsah vlhkosti v podzemních a nadzemních částech konstrukce. Sanace se zpravidla provádí jako kombinace přímých i nepřímých hydroizolačních metod a doplňkových technických opatření, v podobě komplexního sanačního systému. [3]

Základní podmínkou všech sanačních zásahů je nejprve odstranění zatékání vody do objektu. Nezbytnými opravami před samotnou sanací jsou opravy poškozené střešní krytiny, vadných instalací a klempířských prvků. K zabránění pronikání vlhkosti z přilehlé zeminy u zapuštěných stěn se obvykle provádí svislá izolace konstrukce, šterkové zasypy nebo jiná podobná opatření. Provedením úprav v objektu, jako jsou úprava tepelně vlhkostního režimu budovy nebo zateplení obvodového pláště, lze omezit kondenzaci vzdušné vlhkosti na povrchu chladných stěn. Důležitým předpokladem je i eliminace působení hygroskopických solí. Dané soli lze považovat ze 70 % za příčinu všech vlhkostních poruch. Při podcenění úprav před samotnou sanací může dojít k zbytečně razantním opatřením bez požadovaných účinků. [4]

U stavebních památek je nutné respektovat ochranu původních stavebních materiálů nebo konstrukcí. Je to součástí stanoviska památkového úřadu vydaného ke konkrétní stavbě. V případě nalezení dobového řešení izolace stavby provedeme posudek jeho účinnosti v současných podmínkách, eventuálně doplníme a celkově rehabilitujeme. [4]

Rozdělení sanačních metod:

Přímé metody sanace vlhkého zdiva podle ČSN P 73 0610 [11] :

- vkládání hydroizolací strojově nebo ručně do prořezané spáry nebo do probouraných a provrtaných otvorů ve zdivu, zatlučené profilované nekorodující plechy,
- injektážní metody např. asfaltové emulze, epoxidové a akrylátové báze;
- vzduchové systémy (např. dutiny, kanálky, mezery podél stěn pod i nad terénem ve stěnách a pod podlahami),
- instalace aktivní elektroosmózy,

- vzduchové systémy např. větrané štoly, dutiny, mezery a kanálky podél stěn a pod podlahami.

Nepřímé metody sanace vlhkého zdiva podle ČSN P 73 0610 [11]:

- přirozené i nucené větrání místností a prostor budov snižující vlhkost vnitřního vzduchu,
- úpravy vnějšího prostředí budovy spádováním a odvodněním srážkové vody od paty zdi nad terénem,
- odvedení spodní vody drenážemi, štolami,
- sušení vnitřních povrchů konstrukcí pomocí teplého suchého vzduchu,
- absorpce vlhkosti z vnitřního vzduchu pomocí kondenzačních a absorpčních sušících přístrojů,
- vytváření hydroizolačních clon a přepážek v horninovém prostředí v okolí objektů (štětové stěny, injektáže).

Doplňkové metody sanace vlhkého zdiva podle

Základní rozdělení sanačních prací je na přímé a nepřímé doplňkové metody [3].

Metody přímé [11]:

- vrstvy a povlaky z hydroizolačního materiálu vytvářené na povrchu svislých a vodorovných podzemních a nadzemních konstrukcí u terénu,
- vnější úpravy nátěry z vodoodpudivých druhů barev, impregnační povrchové úpravy a těsnění spár v částech budov přiléhajících k terénu.

Metody nepřímé [11]:

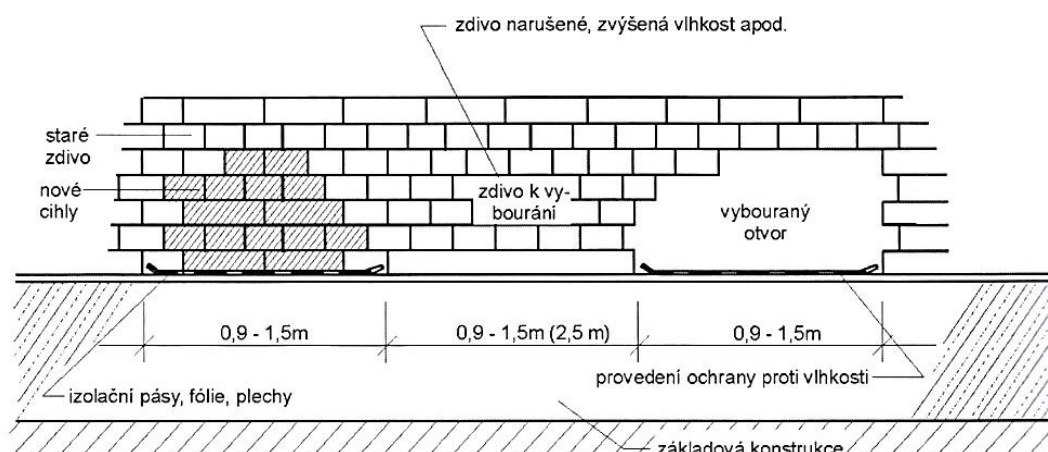
- systém sanačních omítek,
- sanace následků biokoroze zdiva a dřevěných konstrukcí i prvků a provádění nátěrů jako opatření proti tomuto napadení

3.1.1 Mechanické metody

Při dané metodě se využívá principu vložení nové izolace do podřezané nebo vybourané spáry ve zdivu. Tyto metody patří mezi nejúčinnější při provádění dodatečných izolací a sanací vlhkého zdiva. [3]

Probourání (podsekání)

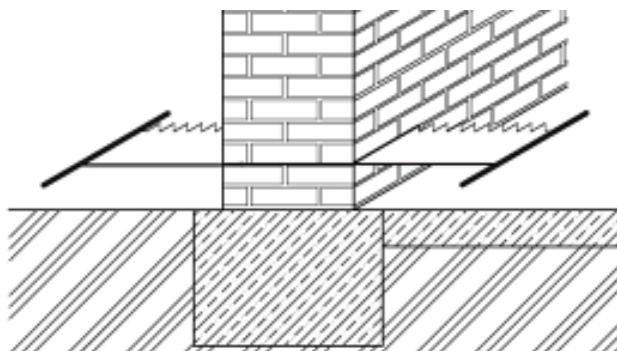
Tento způsob se používá většinou při opravách a rekonstrukcích drobných staveb. Jde o pracnou metodu spojenou s vysokým rizikem narušení statiky stavby. Provádí se probourávání zdiva v mocnosti cca 2 až 4 vrstev cihel a šířce otvoru 900 – 1 500 mm (viz obr. 5) v závislosti na kvalitě stávajícího zdiva. Probourávání začíná v rozích budovy, poté pod okenními pilíři a nakonec se probourávají zbylé části stěny, po položení hydroizolace se otvor znovu zazdí. [1]



Obr. 5 Princip metody probourávání zdiva [6]

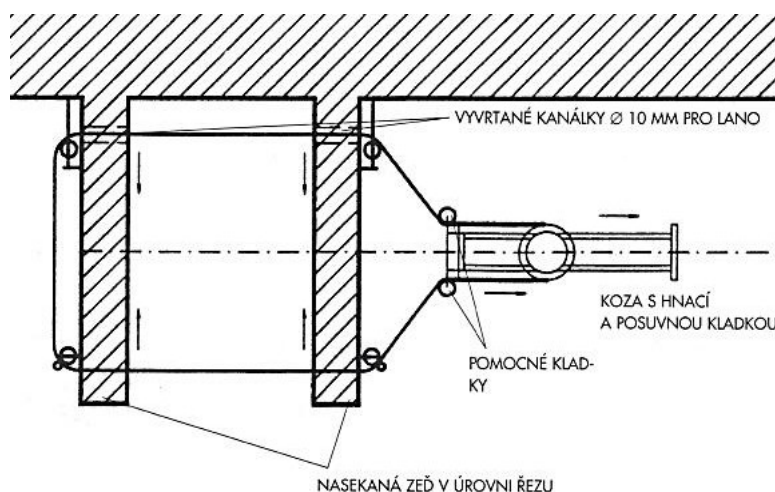
Podřezávání zdiva

Podřezávání zdiva se může provádět třemi způsoby a to ručně (viz obr. 6), lanovou pilou nebo kotoučovou pilou. Ruční podřezávání je podstatně levnější než probourávání zdiva a podřezávání lanovou nebo kotoučovou pilou. S prořezáváním spár se začíná v rozích v maltové vrstvě ruční pilou (břichatkou), do které se následně vloží hydroizolace a nakonec se provede injektáž cementovou maltou v prostoru nad izolací. Daný způsob se používá pouze u zdiva s vodorovnou ložní spárou. Ručně se provádí také podřezávání zdiva kotoučovou pilou, které se však používá pouze u zdiva do tloušťky 150 mm. [1]



Obr. 6 Ruční podřezávání zdiva [4]

Pro podřezávání jakéhokoliv druhu zdiva lze použít lanovou pilu (viz obr. 7). Podřezávání zdiva lanovou pilou lze provádět jak vodorovně, tak svisle. Postup je srovnatelný jako u výše zmíněných metod s rozdílem, že u daného postupu se nejprve musí vyvrtat otvory pro vložení lana, které podřezává zdivo. [4]

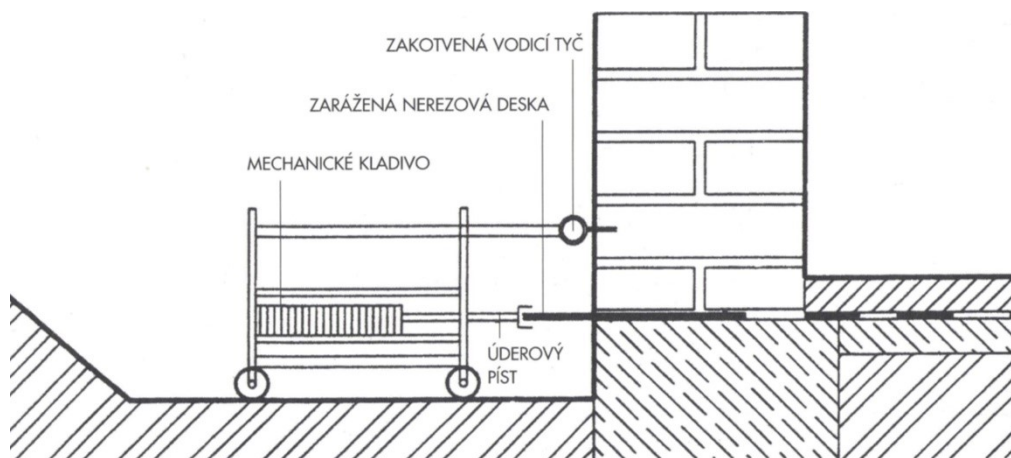


Obr. 7 Princip řezání lanovou soupravou [4]

Zarážení izolačních plechů

Metodu lze použít u všech budov s průběžnou spárou v cihelném zdivu. Princip dané metody spočívá v mechanickém zarážení ocelových plechů do vodorovné ložné spáry (viz obr. 8). Plechy jsou opatřeny hroty pro lepší pronikání do zdiva a konstruují se jako nerezové, vlnité, se vzájemným překrytím (přesahy cca 50 mm) nebo zámkovým spojem. Před začátkem prací je nutné označit veškeré instalace vedoucí ve zdivu, aby

nedošlo k jejich poškození. Zarážení může probíhat oboustranně, záleží přitom na šířce zdi. Při šířce zdi do 1 m se volí jednostranné zarážení, do šířky 2 m oboustranné. [4]



Obr. 8 Princip metody zařezávání izolačních plechů [4]

3.1.2 Metody chemické

Hydroizolační vrstva se vytváří u těchto metod tím, že se do zavlhělého zdiva napouští látka, která proniká do pórů, kapilár i trhlin. Injektovaná zóna zdiva brání vztlínající vodě a plní funkci dodatečné hydroizolace (viz obr. 9) [3]. Tento způsob dodatečné izolace je oproti mechanickým metodám nejšetrnějším zásahem do stavební konstrukce. [1]

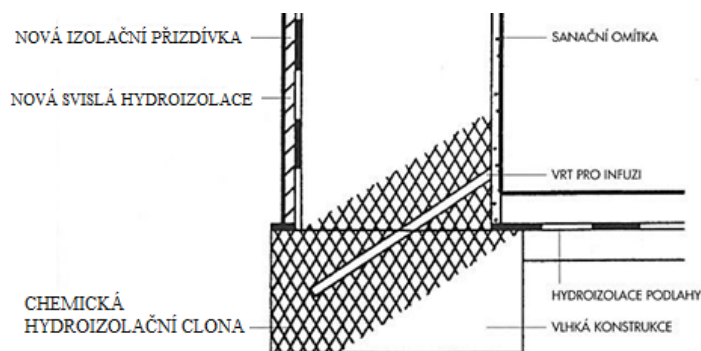
Základní druhy injektáží můžeme rozdělit na :

- **beztlakové injektáže** - jsou nejběžnějším způsobem aplikace injektážního prostředku do struktury zdiva. Injektáž se vpravuje beztlakově jen kapilární nasákavostí, popřípadě lze využít mírného hydrostatického tlaku sloupce kapaliny ze zásobníku nebo vstřikováním. Velmi důležité je před injektáží odstranit prach a zbytky vývrtů z vrtaných otvorů tak, aby nebylo bráněno působení kapilární nasákavosti zdiva. To se provádí pomocí vzduchových kompresorů vyfoukáním nebo odsátím. Roztoky se do šikmých vrtů nalévají pomocí speciálních nádobek a zařízení, přepravních čerpadel atd. Beztlakovým způsobem je nejvýhodnější aplikovat nízkoviskózní roztoky, které se snadno a dostatečně daleko dostávají do struktury injektovaného stavebního materiálu [1],

- **tlakové injektáže** - provádí se v horizontálních vrtech o průměru 10 až 12mm ve vzdálenosti v rozmezí 100 až 300 mm od sebe. Příprava se provádí shodně jako u předcházející metody. Po přípravě se provede osazení plicní tlakové hadice. V daném případě je důležité utěsnění tlakové hadice, k tomu to účelu se používají „packery“, které zajišťují těsné uzavření vrtů a přes zpětný ventil se vrt plní pomocí vysokotlaké pumpy. Používá se tlak 0,6 MPa. [3]

Zvláštní způsoby realizace infuzních clon:

- **metoda následné infúze**, pro tuto metodu se jako injektážní materiál používají ekologicky nezávadné materiály. Základní princip metody spočívá v tom, že do struktur zdiva jsou postupně napouštěny dva infuzní prostředky, z nichž jeden má utěšňující a druhý výrazně hydrofobizační vlastnosti. Po napuštění obou druhů prostředků do konstrukce se vytváří podmínky jak pro utěsnění jejich struktury, tak pro dosažení výrazných vodoodpudivých vlastností chemické hydroizolační clony [1],
- **termicky aktivovaná injektáž** je metoda obsahující v pracovním postupu mezi vyvrtáním a vlastní injektáží proces vysušení izolovaného zdiva, což má dobré účinky na účinnost metody a následnou pevnost izolovaného zdiva. Infuzní prostředek je ve zdivu ukládán v oblastech teplotně připravených pro jeho vstřebání do kapilár. Plnění se provádí sérií zabudovaných injektážních jehel [1],
- **rubová injektáž** je vhodná jako obrana proti vzlínající vlhkosti, spodní či podpovrchové tlakové vodě. Daná metoda se využívá u suterénních stěn, kde nelze provést odkop a vložit svislou mechanickou izolaci. Injektáž je aplikovaná z vnitřní strany stěny například akrylátovým gelem, který slouží k vytvoření nové svislé izolace.[17]



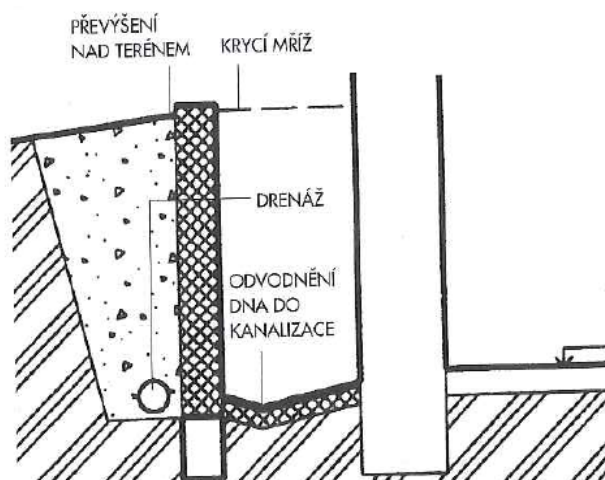
Obr. 9 Princip vytvoření chemické clony ve zdivu [4]

3.1.3 Vzduchové izolační systémy

Vzduchové metody patří mezi nejstarší metody odvlhčení. Princip je založený na zvětšení plochy pro odpařování vlhkosti z konstrukcí do dutin či kanálů s různými variantami přivádění a odtahu vzduchu. Při navrhování je potřeba dbát na dostatečný rozměr vzduchových mezer a rozdíl výšek mezi nasávacími a odvětrávacími otvory, aby docházelo k účinnému pohybu vzduchu. Nesmíme zanedbat osazení tepelnou izolací jinak hrozí v zimních měsících promrzání konstrukce a kondenzace vzdušné vlhkosti na jejím povrchu. Vzduchové systémy dnes považujeme za méně účinné způsoby sanace. Dokážou snížit vlhkost zdiva maximálně o 2 až 3 % hm. Využíváme je především u méně zavlhlého zdiva nebo jako pojistné opatření (např. při výměně dřevěných podlah, kdy by vlhkost kumulovaná pod novou izolací podlahy mohla pronikat do neizolovaných stěn místností). [3]

Otevřené systémy

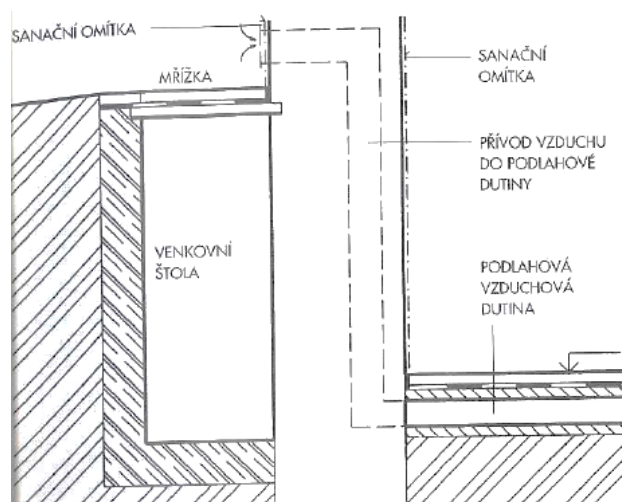
Otevřené systémy, nebo-li anglické dvorky jsou tvořeny opěrnou zdí, která je odsazena od vnějšího líce izolované obvodové stěny objektu (viz obr. 10). Opěrná zeď se může řešit samostatně nebo se může po určitých vzdálenostech opírat o obvodovou zeď objektu. Dno se musí provádět ve spádu směrem od budovy a musí být odvodněno. Anglický dvorek se zakrývá roštem nebo se ponechá otevřený se zábradlím. [1]



Obr. 10 Systém otevřeného anglického dvorku [4]

Zakryté systémy

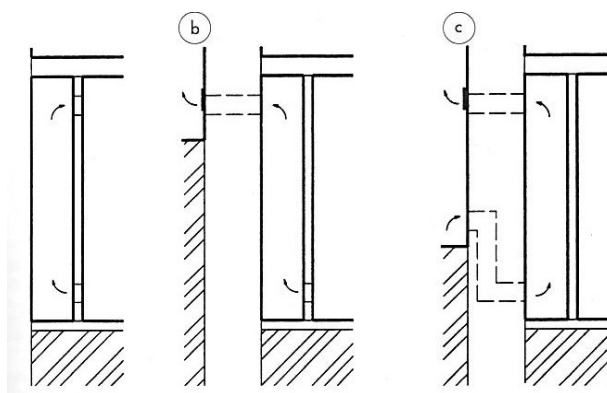
Zakryté systémy jsou tvořeny překrytím prostoru vzduchové dutiny např. železobetonovou deskou (viz obr. 11). Aby bylo docíleno nejlepší funkčnosti, je zapotřebí po provedení výkopu, obnažené zdivo řádně očistit, osekát omítku a spáry vyškrábat, aby byla na stěně vytvořena co největší odpařovací plocha. Následně se zdivo nechá co nejdelší dobu vysušit, před provedením opěrné zdi. Výměna vzduchu je řešena pomocí systému přívadčích a odváděcích otvorů. Dno vzduchové dutiny musí být spádováno směrem od objektu ke sběrné jímce nebo ke kanalizační vpusti. [1]



Obr. 11 Vzduchová dutina zakrytý systém [4]

Předsazené stěny

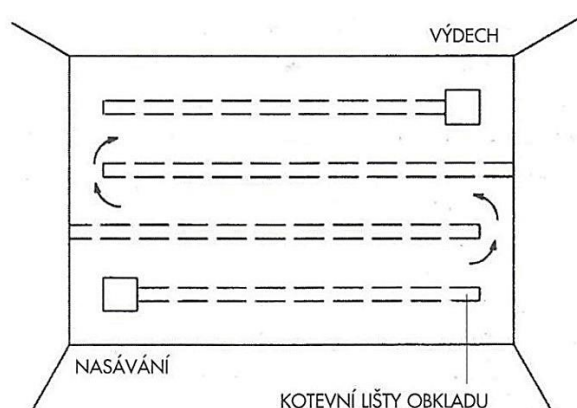
Provádí se jako cihelná příčka vyzdřená na celou výšku místnosti. Velmi důležité pro klimatické poměry v místnosti je správně zvolit nasávací a výdechové otvory.



Obr. 12 Příklad řešení variant umístění nasávajících a výdechových otvorů u předsazených stěn [4]

Vnitřní obklady

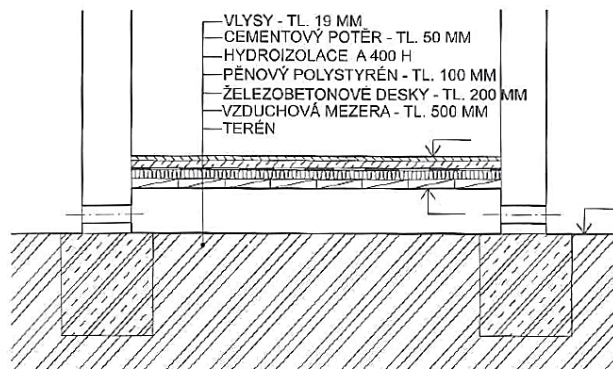
Provádí se ze dřeva, sádkokartonu, plastických hmot atd.. Obkladový materiál musí být odolný proti vlhkosti. Kotvení obkladu musí být uspořádáno, tak aby bylo umožněno proudění vzduchu. Proto je třeba, aby kotvicí konstrukce byla uspořádána tak, aby bylo umožněno proudění vzduchu. U obkladů, které nedosahují plné výšky místnosti nebo nemají možnost odvětrání do exteriéru, k nasávání vzduchu se používá množství různých odvětrávajících otvorů nebo štěrbin nad podlahou. [4]



Obr. 13 kotvení a usměrnění proudícího vzduchu [4]

Vzduchová mezera vytvořena zastropením

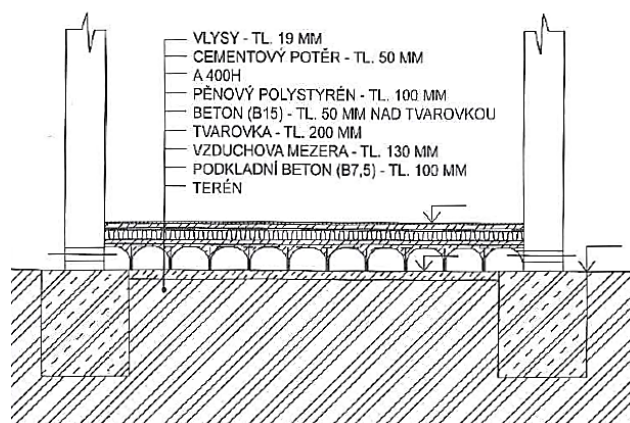
Zastropení vzduchové mezery se provede pomocí vodorovné nosné konstrukce například železobetonovými deskami, dřevěnými trámy a prkny, ocelovými profilovými plechy. Tato metoda je vhodná v případech historických objektů a u objektů které jsou na seznamu kulturních památek České republiky. Navržený způsob zastropení musí respektovat památkových charakter objektu. [1]



Obr. 14 Vodorovná vzduchová mezera pod podlahou, vytvořená zastropením [1]

Vzduchová mezera pomocí speciálních tvarovek

Způsob řešení spočívá v provedení podkladní betonové vrstvy nebo zhutněného šterkopískového podsypu, na který se položí tvarovky, které se následně zalijí betonovou zálivkou, na kterou se poté položí další vrstvy podlahy. [1]



Obr. 15 Vodorovná vzduchová mezera pod podlahou vytvořená pomocí tvarovek [1]

3.1.4 Jílové izolace

Jílové izolace patří mezi nejstarší opatření proti vlhkosti prováděná současně se stavbou nebo dodatečně. Jejich hlavní výhodou je, že neutěsňují stavby a jejich části zcela úplně, a tak zajišťují přiměřený vlhkostní stav ve zdivu. Jíly jsou přírodní suroviny, jejíž charakteristickou vlastností je, že ve vodní suspenzi se stávají lehce tvarovatelnými bez porušení celistvosti. Po vysušení jílového tělesa zachovávají svůj tvar a zároveň získávají mechanickou pevnost a odolnost proti působení okolního prostředí, hlavně proti vodě a vlhkosti. Jejich úspěch je dán těmito podmínkami podle [1]:

- jílové vrstvy jsou uloženy do oboustranně zavlhělého prostředí s jistotou, že toto prostředí bude zachováno i po aplikaci,
- izolační vrstvy jsou provedeny jako kombinované, tedy suché a zvodnělé s tím, že se v čase navzájem zatahují,
- zásadním detailem je horizontální ukončení, nebo-li koruna.

Izolace jílem jsou vhodné jako [1]:

- ochrana zdiva boků staveb pod úrovní terénu při částečně nebo úplně zapuštěných suterénech,

- ochrana zdiva, které je přímo pod vodou,
- izolace stropů a kleneb pod terénem, tedy sklepů, které jsou částečně nebo úplně umístěny pod dvory, terénem nebo v hradbách se zatravněnými korunami.

3.1.5 Elektroosmotická metoda

Využívá malého elektrického napětí. Ve zdivu naakumulovaná voda je pomocí stejnosměrného proudu odváděna do určených oblastí v podzákladí nebo v terénu. Je však nutné zabudovat do míst určených k odvlhčení kladné a záporné elektrody. Kladné elektrody jsou tvořeny např. vodivými pásy, záporné jsou tvořeny tyčemi, které se aplikují do vývrtů. Aby bylo vybráno správné opatření, je třeba primárně posoudit reálnou vhodnost opatření pro danou budovu. To znamená zohlednit výškové osazení budovy vůči terénu, údaje o složení stavebního materiálu, zda a popřípadě jak dalece jsou chráněny prvky a konstrukce z hlediska památkové péče a zda je možné v okolí budovy provádět zemní práce. V praxi se používají tzv. rozhodovací tabulky, které zkoumají vhodnost opatření vzhledem k obvyklým charakteristickým skutečnostem stavby. [3]

3.2 Redukce obsahu solí ve zdivu

Tento proces je označován jako odsolování a jeho cílem je snížit koncentraci solí ve stavebním materiálu na určitou míru, aby se jejich negativní účinky minimalizovaly. [1]

Metody snížení vlivu vodorozpuštěných solí na stavební konstrukce můžeme rozdělit do několika skupin dle [5]:

- mechanické odstranění solí
- snížení obsahu solí
- omezení migrace na povrchu materiálu při zachování obsahu solí

Dělení je spíše teoretické, v praxi se zpravidla jednotlivé metody vzájemně kombinují.

3.2.1 Mechanické odstranění solí

Před samotným mechanickým odstraněním solí by mělo dojít k odstranění příčiny výskytu solí (výměna nejvíce kontaminovaných částí novým materiálem, opravení zdrojů zatékání do objektů, u zemědělských objektů izolace od rozkládající se organické hmoty, zbytků chemických hnojiv apod.). Mechanické odstranění solí se provádí pouze na povrchu objektu (ometáním, oškrabáním). V případě poškozených omítek se provádí rozškrábnutí spár do hloubky 2-3 cm a to do výšky 1 m nad hranicí zasolení. Vhodným zásahem je také výměna násypu u kleneb poškozených zatékáním srážkové či splaškové vody. Mechanické odstranění solí je účinné jen při malém obsahu solí v konstrukci. Metodou lze podstatně snížit celkové zasolení objektu a prodloužit životnost povrchových úprav. [5]

3.2.2 Snížení obsahu solí v materiálech

Účinného snížení obsahu solí v porézním materiálu je možno dosáhnout odvodem solí z pórů zasoleného materiálu např. obklady. Metoda spočívá v obkládání dostatečně navlhčeného povrchu zasoleného objektu vlhkým absorbentem a v následném pomalém vysychání. Soli z povrchu absorbuje obklad a jejich množství v povrchu obložené části klesá. Pohyb solí probíhá dvěma způsoby:

- migrací z míst s vyšší koncentrací (zdivo) do prostředí s nižší koncentrací solí (obklad),
- kapilárním pohybem roztoku soli při vysychání (z vnitřku zdiva do obkladu).

První metoda je na principu vyrovnaní koncentrací v odsolovaném materiálu a obkladu (hnací silou pohybu solí je gradient koncentrace), ve druhém případě je pohyb solí ukončen odpařením vody z materiálu a obkladu. Rychlost vysychání nesmí být příliš vysoká, aby nedošlo k přetržení vodního sloupce v pórech a tím omezení až zastavení pohybu solí. Pokud nedošlo k požadovanému snížení obsahu soli v materiálu, lze obklad několikrát opakovat. Při každém odsolovacím zásahu je vhodné alespoň orientačně kontrolovat obsah solí v obkladu (respektive ve výluhu z obkladu). [5]

Odsolovací materiál by měl splňovat několik důležitých vlastností [1]:

- musí být inertní vůči odsolovanému podkladu,

- nesmí být zdrojem solí,
- musí mít schopnost dostatečně dlouho udržet vlhkost,
- musí mít dostatečnou kapacitu pro „ukládání solí“,
- musí mít schopnost dobrého přilnutí na povrchu objektu (nástěnné malby), aby zajistil co nejdokonalejší kontakt s odsolovaným materiálem.

K odsolování historických omítek, nástěnných maleb, kamenných prvků nebo jiné výzdoby fasád a historických budov se používají sorbenty na bázi buničiny nebo jílových materiálů a jejich vzájemná kombinace (někdy i v kombinaci s pískem). Jílové materiály jsou výhodné z hlediska udržení vlhkosti, kapacity a přilnutí, ale mají větší tendenci ke smršťování během vysychání a jsou i obtížněji odstranitelné z povrchu odsolované památky. Během některých provedených studií v laboratorních podmínkách se prokázalo, že je vhodné jílové materiály kombinovat s buničinou (v poměru 1:1 až 1:3). Takové obklady mají vyšší účinnost než použitá samostatná buničina. Množství solí extrahovaných do obkladu se pohybuje od několika desítek g/m^2 až po několik stovek g/m^2 , ojediněle je uváděno až 1000 g/m^2 . Pro dobře rozpustné soli soustředěné hlavně v povrchových vrstvách materiálu lze v optimálním případě dosáhnout po několika cyklech až 80-90% poklesu obsahu solí. Pro odsolování stavebního zdiva se používají odsolovací, nebo-li adsorpční omítky. Obvykle se jedná o chudé vápenné omítky tzv. obětní omítky, nebo omítky s hydraulickým pojivem se speciálními aditivami pro úpravu porosity a distribuce velikosti pórů. Výhodnější jsou upravované omítky, jelikož vzhledem k jejich velké porositě mají větší kapacitu pro „ukládání“ solí. Princip jejich působení je podobný jako u obkladů a doba působení je od několika měsíců až po několik let u speciálních vysoce pórých omítek. Po nasycení omítek solemi se z povrchu zdiva otlučou a nahradí jinou omítkou. [1]

3.2.3 Nové metody odsolování

V současné době se na modelových domech testují a vyvíjejí metody využívající vakuu, tlakové vody nebo kombinace tlakové vody a vakua k promývání a extrakci solí z porézních materiálů. Nevýhodou metody je nutnost vrtání pro pozdější hydroizolační injektáže. Z dosavadních výsledků je účinnost zmíněných metod vysoká. [1]

4 Experimentální část

Cílem experimentální části práce je stavebně – technický průzkum historického objektu, který je zapsán do památkového katalogu České republiky jako kulturní památka a nachází se v obci Roudno. V rámci stavebně technického průzkumu bylo provedeno zjištění vlhkostního stavu a zasolení objektu a posouzení zdíciho materiálu k opětovnému použití při rekonstrukci klenby v místnosti 109. Informace o objektu byly získány ze zapůjčené výkresové dokumentace, z poznatků majitelů, z průzkumu a odběru vzorků zdiva v různých částech objektu. Práce obsahuje půdorys prvního nadzemního podlaží se zakreslenými místy odběrů vzorků, vad a poruch a přiloženou fotodokumentaci.

4.1 Popis a průzkum vybraného objektu

Objekt se nachází v obci Roudno č. p. 58 v okrese Bruntál v Moravskoslezském kraji. Objekt lze zařadit k východosudetskému typu lidové architektury, lokální formy jesenické, půdorys je obdélníkového tvaru z počátku 19. století. Jedná se o jednopatrovou budovu částečně podsklepenou a zastřešenou sedlovou střechou. Dispozice domu je trojdílná s připojeným čtvrtým a pátým dílem chlévu. Stavba představuje tradiční typ venkovské zástavby zdejšího regionu. Objekt je od roku 2004 neobydlený a slouží k uskladnění nepoužívaných věcí. V roce 2007 až 2011 proběhla kompletní rekonstrukce střešní části a jihovýchodní štítové stěny. Do budoucna majitelky plánují provedení rekonstrukce interiéru budovy s hlavním zaměřením na havarijný stav kleneb.

4.1.1 Terénní podmínky a charakteristika okolí

Rodinný dům leží v kopcovitém terénu sousedící s vedlejší silnicí. V okolí stavby se nevyskytuje žádný zdroj vody, nejbližší vzdálenost k vodnímu zdroji je cca jeden kilometr, kde se nachází vodní nádrž Slezská Harta. Hloubka podzemní vody není známá. Odvodnění prostoru kolem objektu není provedeno, a proto se voda volně vsakuje do zeminy. Budova je částečně na jižní straně zapuštěná do terénu (viz příloha 4). K domu náleží nádvoří s přilehlým výměnkem a stodolou, které spolu s domem zaujímají výměru 1617 m².

4.1.2 Provozní podmínky v objektu

Dům je dispozičně řešen na tři části a to na obytnou, hospodářskou pro účely skladování a poslední částí je chlév, který sloužil k ustájení dobytku. V současné době se chlév a hospodářská část budovy nevyužívají a je přirozeně odvětráván otvory v nosné stěně. Obytná část budovy slouží jako uskladňovací prostor. Větrání probíhá pouze okny, dveřmi a infiltrací (to znamená netěsnostmi oken a spárami ve zdivu). Objekt stojí samostatně z důvodu zbourání havarijní části napojované stavby. V plánu rekonstrukce budovy je následně znovu vystavět chybějící část budovy a propojit stávající konstrukci se stodolou.

4.1.3 Stavebně technický popis

Základy jsou provedeny z lomového kamene. Z vizuálního průzkumu je zjevné, že se v objektu nevyskytuje žádná vodorovná hydroizolace. Sklepní část je vystavěna z lomového kamene a stropní část je tvořena z cihelných valených kleneb. Ve sklepní části je celoročním problémem výskyt spodní vody, při vizuální prohlídce voda ve sklepní části dosahovala do výšky 4 až 7 cm po celé ploše (obr. 16)



Obr. 16 Výskyt podzemní vody ve sklepní části

Svislé nosné konstrukce jsou tvořeny stěnovým systémem. Nosné stěny jsou tvořeny smíšeným zdivem v tloušťce 750 mm. Štítové stěny jsou vyžděny z pálených cihel o tloušťce přibližně 300 mm. Cihelné zdivo je vyžděno křížovou vazbou. V interiéru hospodářské části v jednotlivých místnostech je viditelné zavlhnutí spodní části zdiva (viz obr. 23, 24). Nejvíce navlhle zdivo se nachází v jihovýchodní

části budovy, z důvodu částečného zapuštění objektu do terénu na ni působí zemní vlhkost z boku a zdivo v této části podléhá degradaci.

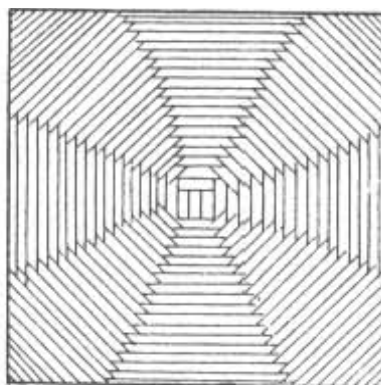
Mezi místnostmi 106 a 107 se nachází příčka o tloušťce 150 mm tvořená pálenými cihlami. Dále se v budově nachází vnitřní nosné zdi o mocnostech 300 až 925 mm tvořené smíšeným cihelným a kamenným zdivem.

V obytné části objektu se nachází jednopřůchový komín o rozměrech 900x900 mm. Strop v obytné části je tvořen trámovým stropem podbitým, rákosem a omítkou (viz příloha 5). Zbylá část stropu je tvořena klenbami. Klenby v hospodářské skladovací části patří mezi české klenby (viz obr. 17), v části chlívu se nacházejí segmentově české placky.



Obr. 17 Česká klenba nacházející se v místnostech 105 a 108

V chodbě spojující obytnou část s chlévem se nachází valená klenba. Celková tloušťka klenby ve vrcholu je 150 mm. Česká klenba je vystavěna úhlopříčným klenutím v obloukových pruzích, které se v místě styku nad čelem klenby střídavě překládají (diagonální způsob) [9] (viz obr. 18). Česká placka je vystavena stejným způsobem jak česká klenba, způsobem diagonálním. [9] Klenby v místnostech 107, 108, 109 jsou v havarijním stavu, což dokumentují v následující kapitole vady a poruchy.



Obr. 18 Způsob vyzdění české klenby a české placky v objektu [9]

V celém objektu jsou cihelné překlady a ojediněle v hospodářské části je použitý lomový kámen a deska.

Schodiště na půdu je vyzděné, upravené omítnutím a nastup je tvořen dřevěnou deskou, do suterénu je schodiště vyzděné z kamene (viz příloha 10). Podlahy v obytné části jsou tvořeny dřevěnými deskami (viz příloha 6). V hale hospodářské skladovací místnosti jsou podlahy tvořeny břidlicovými deskami o rozměrech cca 500x500 mm (viz příloha 7). V chlívu je kamenná dlažba. Vzhledem ke stáří objektu, jsou použité malty a omítky pravděpodobně převážně vápenné, případně hliněné.

Veškeré výplně okenních otvorů jsou tvořeny kastlovými okny z dřevěných profilů. Dveře a obložkové zárubně jsou v celém objektu dřevěné.

Střecha budovy je sedlová a je nově rekonstruovaná. Je tvořena ležatou stolicí a dřevěným bedněním pokrytým břidlicí na kosodelno. Klempířské prvky jako okapy a svody úplně chybí.

4.1.4 Instalace v objektu

Způsob vytápění v obytné části je kachlovými kamny, v části kuchyně kuchyňskými kamny. Budova je vytápěna pouze v obytných místnostech. V hospodářských stavebách se netopí, protože slouží jen pro účely uskladnění a ustájení dobytku. V budově není vybudovaná kanalizace a odpady. V budově je navedeno vodovodní potrubí a rozvod elektrické sítě.

4.2 Zaznamenané vady a poruchy v rámci předběžného stavebně-technického průzkumu

V dané kapitole se zabývám vadami a poruchami zaznamenanými v objektu. Nalezené poruchy a vady jsou vyznačené v půdorysu 1. NP (výkres 1).

Nejzávažnější havarijní poruchou jsou klenby v hospodářské části budovy chlévu (viz obr. 19). V části chlévu došlo i k zborcení české placky a u zbylých dvou českých placek došlo k lokálnímu uvolnění cihelných prvků z vrchní části klenby (viz obr. 20). Příčinami zborcené klenby je více faktorů, nejzávažnějším je dlouhodobé zatékání střešním pláštěm do konstrukce (viz příloha 12) a dále nevyhovující spojovací malty, nekvalitní provedení vyzdění klenby.



Obr. 19 Pohled na českou placku v části chlévu, místnost 109. Můžeme zde vidět zadní části zborcené klenby a napravo částečné zborcení klenby



Obr. 20 Detail vypadnutí kusových cihelných částí české placky v části chlévu, místnost 109

Klenby v hospodářské skladovací části konkrétně v místnostech 107 a 108 jsou v havarijním stavu. Z důvodu nevyhovujícího provedení vyzdění kleneb, špatné vazby zdiva, nepravidelné tloušťky styčných a ložných spár, která se pohybuje v rozmezí 1 až 3 mm. V daných místnostech dochází k degradaci materiálu klenby, z důvodu zvýšené vlhkosti z přilehlého terénu. Dané aspekty přispívají k lokálnímu vypadávání částí zdícího materiálu i k snížení stability celé konstrukce (viz obr. 21, 22).



Obr. 21 Detail provedení klenby v místnosti 107



Obr. 22 Degradace cihelného zdiva patky české klenby v hospodářské skladovací části, místnost 108

Dalším závažným problémem je vlhkost v objektu. Z vizuálního hlediska je vlhkost v budově znatelná, a to hlavně v oblasti hospodářských místností, chodeb a chlévu. V hospodářské části objektu se omítky znatelně odlupují, opadávají a vyskytují se zde výkvěty solí a plísně (viz obr. 24). Nejvíce tímto způsobem narušené omítky jsou v místnosti č. 107.



Obr. 23 Zřetelné zavlhnutí podlahy a smíšeného zdiva v chodbě místnosti 106



Obr. 24 Výskyt solí a plísní v objektu

Výrazné vlhkostní mapy však najdeme i na obvodovém zdivu a soklu, kde můžeme vidět i biologické napadení (viz obr. 25). Příčinou míry poškození je i absence klempířských prvků na celém objektu (konkrétně okapy a svody), čímž dochází k odstříku srážkové vody v oblasti v soklu.



Obr. 25 Detail biologické degradace mechem a lišejníkem v oblasti soklu na exteriérových omítkách severní strany budovy

Další významnou poruchou v objektu jsou trhliny, které se nachází jak v exteriéru, tak i v interiéru. Jednotlivé trhliny jsem zaměřila a jejich průběh zaznamenala do výkresové dokumentace. Pro zaměření šířky trhliny byla použita příložná srovnávací karta.

Byly zaznamenány tahové trhliny u kleneb 107, 108, 105 vyskytující se v patě kleneb v rozsahu 0,5 - 3 mm a jsou pravděpodobně zapříčiněny přetížením klenby, nevhodným způsobem vyzdění (viz obr. 26).

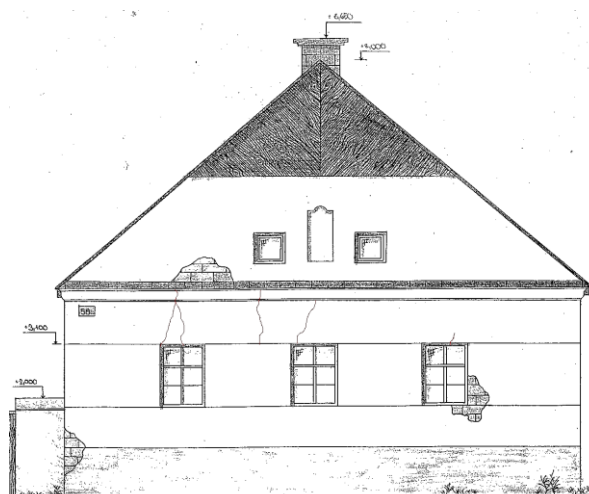


Obr. 26 Detail tahových trhlín v patě české klenby a české palacký rozmezí šířky 0,5-2,5 mm



Obr. 27 Detail trhliny cihelného překlady, kde došlo k vypadnutí břidlicových částí ve vrcholu překlady

Další výskyt tahových trhlin je na západní straně objektu vedoucí z římsy k okenním částem a jsou pravděpodobně způsobené chybějícím vodorovným ztužujícím prvkem neboli věncem (viz obr. 29).



Obr. 28 Zaznačené tahové trhliny na západní straně objektu



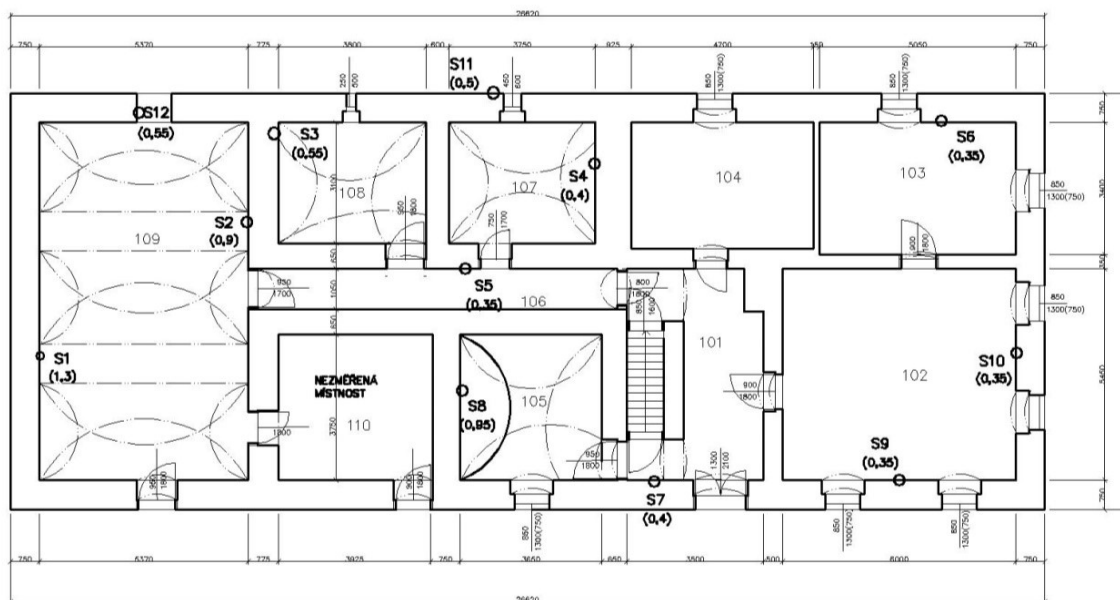
Obr. 29 Detail tahových trhlin z pohledu exteriéru a interiéru.

4.3 Podrobný stavebně-technický průzkum a metodika laboratorních prací

V rámci podrobného stavebně-technického průzkumu byl proveden odběr vzorku z objektu pro jednotlivé zkoušky vlhkosti, salinity a fyzikálně-mechanické vlastnosti cihelných vzorů. Jednotlivé odběry jsou zaznamenány v projektové dokumentaci. Jednotlivé zkoušky se prováděly v laboratořích fakulty stavební VŠB-TU Ostrava.

4.3.1 Stanovení vlhkosti

Cílem měření bylo zjistit vlhkost zdiva v celém objektu. Jednotlivá místa odběru byla zdokumentována do půdorysu, byla zaznamenána poloha daného místa, výška odběru a podmínky odběru. Jednotlivé odběry probíhaly za chladnější počasí (kolem 8°C) v měsíci březnu. Dokumentace odběrových míst včetně výšek odběrů je znázorněna na obr. 30. Celkem bylo odebráno 12 vzorků, každý z jiné části domu pro celkovou představu o vlhkosti. Vzorky byly odebrány odsekutím za pomoci majzlíku a kladiva do hloubky stěny 10 mm a hmotnost vzorků se pohybovala v rozmezí 50 až 200 g. Ve dvou místnostech 104 a 110 nebyl odebrán vzorek z důvodu nedostupnosti.



Obr. 30 Dokumentace odběrových míst pro stanovení vlhkosti a zasolení (S1-S12 – sekané sondy pro odběr vlhkosti a salinity, v závorce jsou jednotlivé výšky odběrů)

Pro měření vlhkosti byla primárně použita gravimetrická metoda (neboli „vážková“), která je založena na odběru vzorků, které jsou ve vlhkém stavu zváženy, poté vysušeny a znovu zváženy. Gravimetrickou metodou se zjišťuje podíl vody ve vzorku k hmotnosti sušiny.

Odebrané vzorky byly následně očíslovány a umístěny do uzavíratelné nádoby, v našem případě zavařovací sklenice a dopraveny do laboratoře, kde byly zváženy. Veškeré vážení a sušení probíhalo v laboratoři. Odebrané vzorky se vkládaly do sušárny při teplotě 105 °C v přepravních nádobách, aby nedocházelo k ovlivnění vlhkosti. Celý proces sušení trval přibližně 24 hodin a po té se vzorky po vysušení opětovně zvážily. Z rozdílů hmotností před (m_d) a po sušení (m_s) byla vypočítána procentuální vlhkost dle vzorce:

$$w = \frac{m_d - m_s}{m_s} \cdot 100 [\%] \quad (2)$$

kde je:

m_d - hmotnost vlhkého vzorku [g],

m_s - vlhkost vysušeného vzorku [g],

w- vlhkost [%].



Obr. 31 Odebrané vzorky



Obr. 32 Vzorky umístěné v sušárně

Kontrolní karbidová metoda byla provedena za účelem ověření správnosti výsledků získaných gravimetrickou metodou. Pro kontrolní metodu bylo vybráno pět vzorků s nejvyšší hmotností z odebrané série vzorků. Měření je prováděno v tlakové lahvi, do přístroje přidáme odebraný vzorek o hmotnosti 10 a 20 g na prášek rozetřený v třecí misce. Následně přidáme ocelové kuličku, ampuli s karbidem vápníku, láhev hermeticky uzavřeme a prudce protřepeme, aby došlo k rozbití ampule. Po té každých 5 minut třepeme krouživými pohyby, po uplynutí doby předepsané výrobcem v rozmezí 15 - 20 min na manometru odečteme tlak v barech a z převodní tabulky v závislosti na množství navážky 10 a 20 g, odečteme hodnotu. Rozsah měření pomocí karbidové metody je od 0 až do 8 % vlhkosti.



Obr. 33 Pracovní sestava karbidové metody

4.3.2 Obsah vodorozpustných solí

Zkoušku obsahu solí jsem provedla u 12 cihelných vzorků, odebraných z daných sond prováděných při měření vlhkosti. Místa jsou identická s místy pro stanovení vlhkosti a jsou zaznamenána na obr. 30.

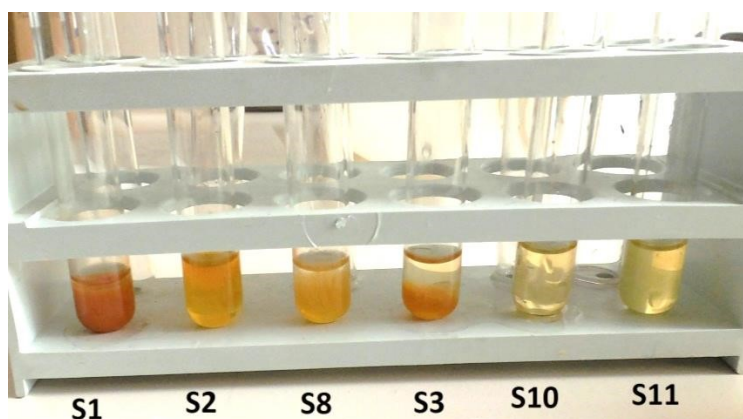
Pro stanovení obsahu solí bylo použito 10 g prášku rozetřeného v třecí misce. Následně bylo toto množství vzorku umístěno do filtrační nálevky a proplachováno 100 ml destilované vody. Vzorky se postupně zfiltrovaly a následně se provedly zkoušky obsahu solí.

U vzorků byla aplikována metoda pomocí testovacích proužků Quantofix (viz obr. 34). Principem metody je namočení proužku do výluhu a následně dle barevné stupnice odečtení hodnoty obsahu vodorozpustných solí v jednotlivých vzorcích.



Obr. 34 Detail filtrování jednotlivých vzorků a určení obsahu soli pomocí proužků Quantofix

Na vzorcích byla dále zkoušena přítomnost amonných iontů (NH_4). Pro stanovení jednotlivých iontů byly použity vždy 2 ml filtrátu ve zkumavce a 1 ml příslušného činidla. Pro prokázání amonných iontů bylo použito Nesslerovo činidlo, které podle obsahu amonných iontů zapříčiní zabarvení roztoku do oranžova, v případě větší koncentrace se zbarví do tmavě oranžové až do žlutohnědé sraženiny (viz obr35).



Obr. 35 Zkouška přítomnosti aniontu NH_4

4.3.3 Fyzikálně – mechanické vlastnosti historických cihel

Cihelné vzorky byly odebrány v kusovém stavu z části objektu, kde došlo k zborcení klenby. Na vzorcích určíme mechanické a fyzikální vlastnosti a posoudíme vzorky z hlediska vhodnosti pro opětovné použití při rekonstrukčních pracích. Ukázka odběrových míst je znázorněna ve výkresu 1. Cihelné vzorky jsou z původní výstavby

z počátku 19. st. a v konstrukcích se nenacházely novodobé cihly. Dva cihelné vzorky byly odebrány přímo z konstrukce zborcené klenby konkrétně A a B, další tři byly odebrány z podlahy pod zřícenou klenbou. Celkem bylo odebráno pět kusů cihel (viz obr. 36), které byly makroskopicky popsány (viz příloha 15).



Obr. 36 Odebrané cihelné vzorky

Před měřením byly cihly zbaveny zbytků malt. Po popisu vzorků byly v laboratoři stanoveny rozměry (podle normy ČSN EN 772 – 16) a objemová hmotnost (podle normy ČSN EN 772 – 13) výpočet dle vzorce:

$$\rho_{g,u} = \frac{m}{V} \quad [\text{kg/m}^3] \quad (3)$$

kde je:

m- hmotnost vysušeného vzorku [kg],

V- objem vzorku [m³],

ρ_v -objemová hmotnost [kg/m³].

Z jednotlivých cihel byla následně nařezána tělesa o rozměrech 50 x 50 mm (viz obr. 37) pro zkoušky pevnosti v tlaku a nasákavosti.



Obr. 37 Připravené série vzorku na jednotlivé zkoušky

Stanovení pevnosti v tlaku (ČSN EN 772 – 1+A1)

Zkoušku byla prováděna na celých tělesech konkrétně u 31 vzorků, z pěti sérií o rozměrech 50x50 mm. Připravené vzorky uložíme dostředně na tlačnou desku zkušebního lisu (obr. 38). Vzorky rovnoměrně plynule zatěžujeme až do porušení vzorku. Rychlost zatěžování u sérii A-D byla 0,15 (N/mm²)/s, s předpokládanou pevností 11 až 20 N/mm². U série E se snížilo zatěžování na 0,05 (N/mm²)/s, s předpokládanou pevností <10 N/mm², z důvodu nízkých hodnot u předchozí série D. Pevnost v tlaku $f_{b,i}$ vypočítáme podle vzorce:

$$f_{b,i} = \frac{F}{A} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (4)$$

kde je:

F - nejvyšší zatížení při porušení celého vzorku v [N],

A - tlačaná plocha daného vzorku v [mm²],

$f_{b,i}$ - pevnost v tlaku v [N/mm²].

Normalizovanou pevnost v N/mm², kterou spočítáme dle vzorce

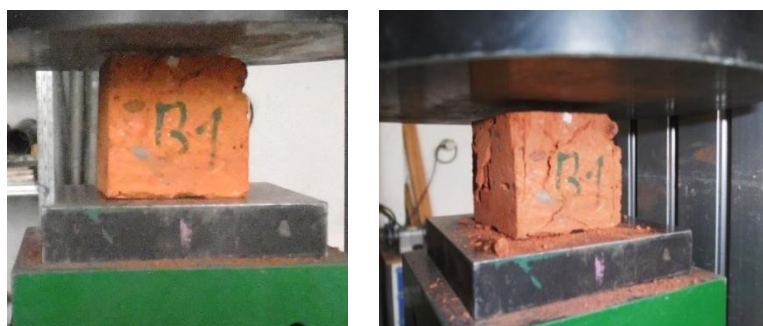
$$f_b = f_{b,i} \cdot \delta \quad [\text{N/mm}^2] \quad (5)$$

kde je:

$f_{b,i}$ - pevnost v tlaku [N/mm²],

f_b - normalizovaná pevnost v tlaku [N/mm²],

δ - součinitel tvaru (viz norma ČSN EN 772-1+A1).



Obr. 38 Detail stlačení vzorku v lisu

Stanovení nasákavosti (ČSN 772-7)

Stanovení nasákavosti se provádělo u patnácti cihelných vzorků o rozměru 50x50 mm. Nasákavost udává množství vody pohlcené vzorkem za stanovených podmínek v procentech hmotnosti vysušeného vzorku.

Nasákavost se zjišťuje na vzorcích vysušených při 105 °C – 110 °C. Po ochlazení na pokojovou teplotu vzorky zvážíme a postavíme nejmenší plochou na dno nádoby naplněné destilovanou nebo pitnou vodou tak, aby se vzájemně nedotýkaly. Hladina vody musí být minimálně 50 mm nad povrchem vzorků. Během 1 hodiny uvedeme vodu v nádobě do varu, ve kterém ji udržujeme další 4 hodiny (viz obr. 39). Po dokončení tohoto procesu necháme vzorky stále v nádobě s vodou, až do vychladnutí vzorku v rozmezí 16-24 hodin. Po vyjmutí vzorků z nádoby je otřeme vlhkou tkaninou a do 5 minut po vytažení je zvážíme. Nasákavost vypočítáme dle vzorce:

$$W_s = \frac{m_m - m_s}{m_s} \cdot 100 \quad [\%] \quad (6)$$

kde je:

m_m - hmotnost nasyceného vzorku v [g],

m_s - ustálená hmotnost vysušeného vzorku v [g],

W_s - nasákavost varem zkušební vzorku (zdíciho prvku) v [%].



Obr. 39 Provádění zkoušky nasákavosti

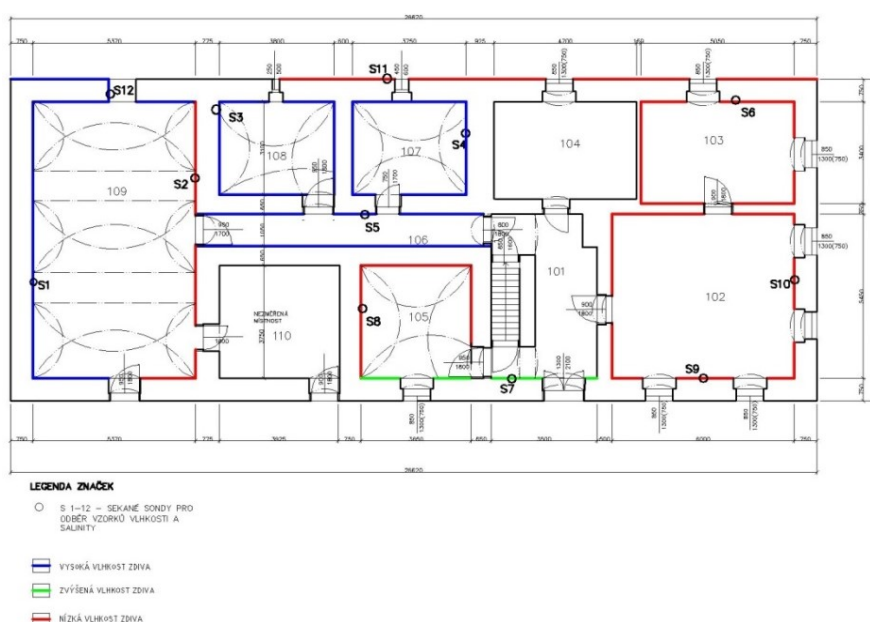
4.4 Výsledky

4.4.1 Vlhkost

Vlhkostní stav objektu byl zjištěn pomocí gravimetrické a karbidové metody. Výsledné hodnoty vlhkosti stanovené gravimetricky jsou v tab. 5 a jsou zaříděny podle klasifikace vlhkostního stupně dle normy ČSN P 730610. Vlhkost je v rozsahu velmi nízká až velmi vysoká. V místnosti 109 je velmi vysoká a vlhkost je možná zapříčiněna boční vlhkostí přiléhavého terénu ke zdivu. U místnosti 106 možnou příčinou je vztlínající vlhkost. Graficky jsou míry zavlhčení znázorněny na obr. 40.

Tabulka 5 Výsledky vlhkostního stavu celého objektu

Číslo vzorku	Místnost odběru	Výška odběru [m]	Vlhkost[%]	Stupeň vlhkosti
S1	109	1,3	10,87	velmi vysoká
S2	109	0,9	3,20	nízká
S3	108	0,55	2,15	velmi nízká
S4	107	0,4	8,32	vysoká
S5	106	0,35	13,41	velmi vysoká
S6	103	0,35	0,16	velmi nízká
S7	101	0,4	5,05	zvýšená
S8	105	0,95	3,82	nízká
S9	102	0,35	3,72	nízká
S10	102	0,35	0,21	velmi nízká
S11	107	0,5	0,32	velmi nízká
S12	109	0,55	13,47	velmi vysoká

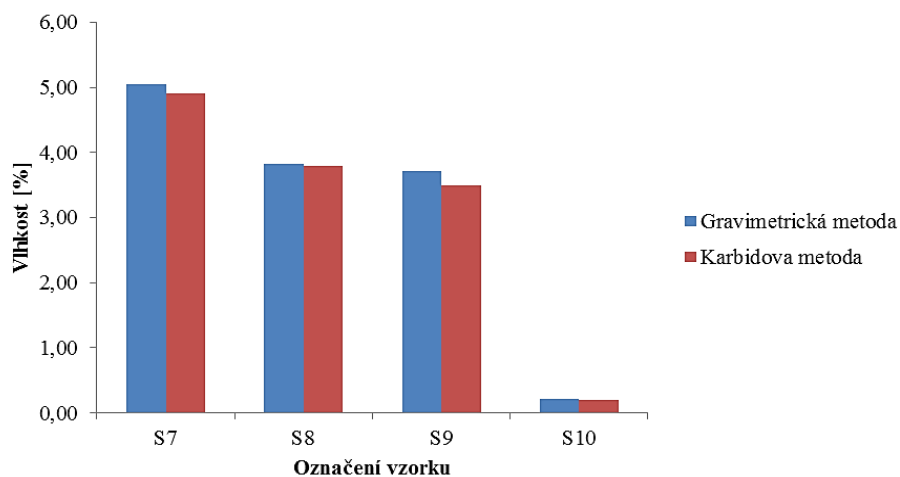


Obr. 40 Půdorys 1.NP s vyznačenými provedenými sondami a mírou zavlhčení

Výsledky kontrolní karbidové metody jsou shrnuty v tabulce č. 6. Hodnota vlhkosti vzorku č. 5 byla mimo rozsah měření přístroje, proto jsme nemohli stanovit přesnou hodnotu vlhkosti. V porovnání s gravimetrickou metodou se výsledky lišily velmi nepatrně (viz graf 1)

Tabulka 6 Vlhkostní výsledky kontrolní karbidové metody

Číslo vzorku	Hmotnost vzorku[g]	Vlhkost [%]	Stupeň vlhkosti
S5	20	-	-
S7	20	4,9	zvýšená
S8	20	3,85	nízká
S9	20,1	3,49	nízká
S10	10	0,2	velmi nízká



Graf 1 Srovnání výsledků gravimetrické a karbidové metody

4.4.2 Obsah vodorozpustných solí

Podle výsledků zjištěných pomocí proužků Quantofix můžeme říct, že v cihelném vzorku se nachází vysoké zastoupení dusičnanů a v menším množství síranové anionty, obsah chloridů nebyl prokázán a amonné ionty byly prokázány u šesti vzorků sraženinou ve škále slabě oranžového zabarvení až tmavě oranžového zbarvení. (viz obr. 37). Na základě této metody byla zjištěna vysoká – velmi vysoká míra zasolení v místech S1, S3, S4, S7, S8, S9 (viz obr. 40).

Tabulka 7 Výsledky cihelných vzorků na obsah vodorozpustných solí ($\text{SiO}_4 < 200 \text{ mg/l}$ pod hranicí detekčního limitu; NO_3 500 mg/l nad hranicí detekčního limitu)*

Číslo vzorku	NO_3 [mg/l]	NO_2 [mg/l]	SiO_4 [mg/l]	Cl [mg/l]	NH_4
S1	500	1	<200	0	+
S2	250	0	<200	0	+
S3	500	0	<200	0	+
S4	500	0	<200	0	+
S5	100	0	<200	0	+
S6	10	0	<200	0	-
S7	500	0	<200	0	-
S8	500	0	<200	0	+
S9	500	0	<200	0	-
S10	10	0	<200	0	-
S11	100	0	<200	0	-
S12	100-250	0	<200	0	-



Obr. 41 Detail výsledku na kádince u filtrátu vzorku S1

4.4.1 Fyzikálně – mechanické vlastnosti historických cihel

Rozměry a objemová hmotnost

Cihelné vzorky jsou z hlediska rozměru stejné, u vzorku B a D je průměrná šířka a výška ovlivněna jejich otlučením (viz tab. 8). Vzorek A je nestejnomyšerný z důvodu toho nelze zjistit objemovou hmotnost celé cihly (viz obr. 42). Průměrná objemová hmotnost jednotlivých cihel se pohybovala v rozmezích 1730 – 1940 kg /m³. Porovnání s objemovými hmotnostmi u krychliček se hodny nepatrně liší.

Tabulka 8 Rozměry odebraných historických cihel, hmotnosti a objemové hmotnosti

Číslo vzorku	Průměrná délka l_u [mm]	Průměrná šířka w_u [mm]	Průměrná výška h_u [mm]	Hmotnost [g]	Objemová hmotnost $\rho_{g,u}$ [kg/m ³] – celá cihla	Průměrná objemová hmotnost vzorků $\rho_{g,u}$ [kg/m ³]
A	-	147	66	4950,1	-	1940
B	300	139	64	4799,7	1800	1835
C	300	147	66	5059,1	1740	1700
D	300	139	64	4611,6	1730	1735
E	300	147	66	5202,5	1790	1780

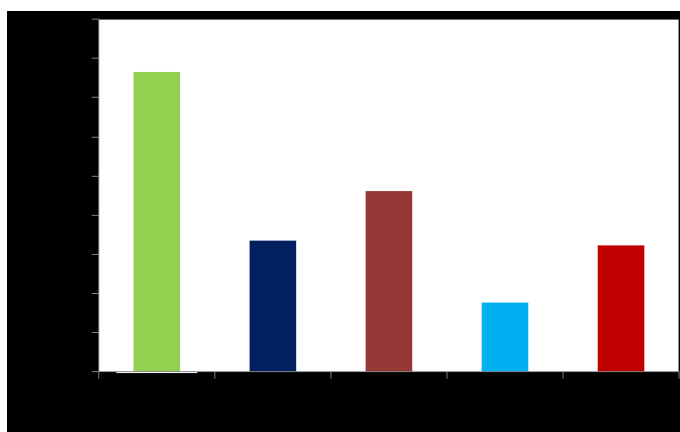
Ukázka makroskopického popisu historické cihly A (viz obr. 42) má znatelně poškozenou hranu, zbarvena do červena. Na ploše cihelného vzorku se vyskytují dutiny max. hloubky 7,5 mm. Cihla je nepravidelná, konkávní zakřivení vzhledem k hladké ploše do 6,5 mm. Je nehomogenní, obsahuje viditelná zrna o max. rozměru do 1 mm, výskyt drobných trhlin do 1 mm. Z makroskopického popisu všech cihel (viz příloha 15) je viditelné, že historické cihelné vzorky byly vyráběny ručně.



Obr. 42 Cihelný vzorek A

Pevnost v tlaku

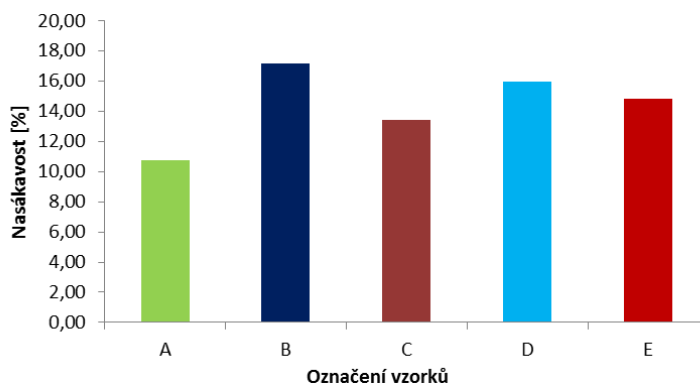
Zkouška byla provedena u 31 vzorků o rozměrech 50x50 mm na zkušebním lisu v laboratoři VŠB-TU Ostrava. Rychlost zatěžování u sérii A-D byla 0,15 (N/mm²)/s, s předpokládanou pevností 11 až 20 N/mm². U série E se snížilo zatěžování na 0,05 (N/mm²)/s, s předpokládanou pevností <10 N/mm², z důvodu nízkých hodnot u přechozí série D. Vzorky A a B jsou z části zborcené konstrukce klenby a zbylé vzorky jsou odebrané na podlaze pod zřícenou klenbou. Výsledky pevností sérii se vzájemně značně liší (viz graf 2 a příloha 16-20). Rozdílnost pevnosti v tlaku mezi cihelnými vzorky jsou především ovlivněny stářím a výrobním procesem historických cihel a také působením vlhkosti a solí v dané části odběru vzorků. Jednotlivé pevnosti se pohybují v rozsahu 4 – 15,3 MPa.



Graf 2 Srovnání průměrných normalizovaných pevností v tlaku cihelných vzorků

Nasákavost

Zkouška byla provedena na 15 vzorcích o rozměrech 50x50 mm. Výsledky nasákavosti se vzájemně liší (viz graf 3 a příloha 21). Jednotlivé průměrné hodnoty nasákavosti nejsou tak rozdílné, jak u výsledků pevností. Výsledky nasákavosti daných sérii cihelných vzorků se pohybují v rozsahu 10,7 (A) – 17,2 (B) %.



Graf 3 Průměrné hodnoty nasákavosti cihelných vzorků

4.5 Vyhodnocení průzkumu objektu

Na základě provedeného stavebně technického průzkumu byly na objektu zjištěny nejzávažnější poruchy a to především havarijní stav kleneb v hospodářské části budovy v místnostech 107, 108, 109, kde dochází k degradaci materiálu a tedy ke zhoršení fyzikálně-mechanických vlastností zdicích materiálů. Příčinami porušení stability je především vlhkost, nevyhovující kvalita zdící spojovací malty, nekvalitní provedení zdiva klenby (špatné provázání, velké ložné a styčné spáry). Z výsledku zkoumaného zdiva z části zborcené klenby jsem zhodnotila, že zdící materiál je různorodý, což je zejména viditelné u výsledků pevnosti v tlaku. K opětovnému použití bych přistupovala obezřetně a zaměřila bych se na výběr cihelných prvků zbarvených ve střepu do tmavě červeně. Nedoporučovala bych jejich použití u nosných konstrukcí, z důvodu značně lišících se výsledků pevnosti v tlaku a pravděpodobnému obsahu solí u cihelných vzorků. Celý objekt má viditelné projevy vlhkosti od vzlínavé vlhkosti až po vysokou hladinu spodní vody. Z výsledku měření vlhkosti je zřetelné, že nejvyšší výskyt vyšší vlhkosti je v hospodářské části budovy. Jednotlivé míry zavlhčení jsem zaznamenala do výkresové dokumentace (výkres 2). Nejzávažnějším problémem je vysoká spodní voda ve sklepní části budovy, kde celoročně dochází k průniku vody do sklepní části. Řešení problematiky vlhkosti u památkově chráněného objektu je problematické. Z daného stavebně technického průzkumu není možné navrhnout účinné sanační řešení proti vlhkosti. Ke zvolení účinné sanační metody neznáme důležité poznatky o stavu podzemní vody a typu vody působící na konstrukci, proto doporučuji provést podrobnější průzkum zaměřený na hydrogeologický a geologický průzkum daného území. K určení průběhu a výšky hladiny podzemní vody v daném území, dále určení typu vody působící na konstrukci. Z geologického průzkumu se zaměřením na stav určení typu podloží v lokalitě objektu.

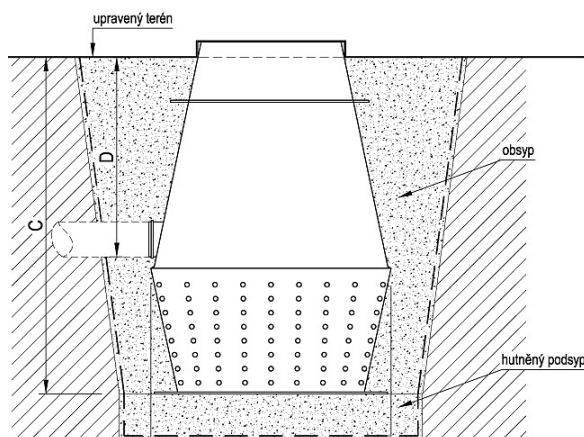
4.6 Návrh sanace a opatření vybraných poruch a vad v závislosti na provedeném stavebně technickém průzkumu

Sanace klenby

Pro sanaci kleneb s ohledem na památkově chráněnou budovu navrhuji metodu částečného přezdění lokálně degradovaného zdiva a hloubkové přespárování. Postup práce by zahrnoval provedení celoplošného podbednění a podstojkování kleneb. Po odstranění jednotlivých vrstev skladby klenby především násypu a omítky je možné zjistit skutečný stav klenby. Poté by se pro každou jednotlivou klenbu vypracoval návrh sanace vycházející z konkrétních podmínek klenby. Návrh by se předložil památkovému úřadu ke schválení. Princip metody je založen na odstranění nevyhovující malty ze styčných a ložných spár pomocí hloubkového proškrábnutí. Po provedení by se spáry následně vyklínovaly. Dále by se odstranilo lokálně degradované zdivo, očistila by se celá klenba od prachu a nečistot. Zdivo by se následně na penetrovalo, dozdivo pálenými cihlami plnými a hloubkově přespárovalo vápennou maltou. Posledním krokem je oprava omítky.

Opatření proti vlhkosti

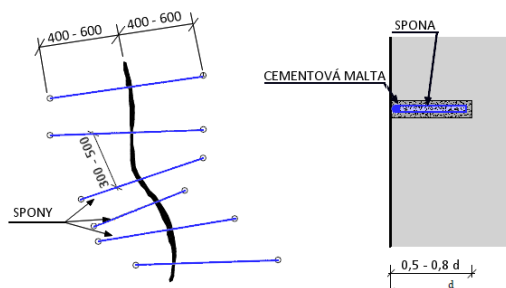
Nejdůležitější je v rámci možností odstranit působení srážkové vody na konstrukci zdiva, v soklové části dochází k odstříku chybějících okapů a svodů. Tím dochází k zavlhnutí zdiva a vzniku biologické degradace v části soklu. K řešení dané situace bych zvolila okapový systém se svedením do vsakovací jámky (viz obr. 43). K návrhu dalších opatření proti vlhkosti bych přistupovala až po zhotovení hydrogeologického a geologického průzkumu se zaměřením k minimalizaci působení spodní vody na konstrukci.



Obr. 43 Schéma vsakovací jámky

Sanace trhlin

V případě sanací trhlin je rozhodující pro volbu sanační metody, posouzení jestli je trhlina pasivní či aktivní a určení šířky trhliny. U aktivních trhlin bych zvolila metodu zvanou stehování. Ta se většinou aplikuje zejména u širších aktivních trhlin. Princip metody je založen na tom, že se přes trhlinu z obou stran osadí ocelové spony o průměru 12 až 25 mm zapuštěné do předem vyvrtaných otvorů. Otvory dosahují hloubky rozmezí 0,5 až 0,8 tloušťky zdi. Otvory se následně zaplní cementovou maltou nebo epoxidovou pryskyřicí. Spony se umísťují pokud možno kolmo na trhlinu a kotví se ve vzdálenosti přibližně 500 mm od trhliny. Spony pro bezpečné roznášení zatížení do zdiva mají různou délku. Trhlina se vyplní maltou, nebo vhodným injektážním prostředkem. Spony se nakonec opatří ochranným nátěrem proti korozi a omítnou se. [6]



Obr. 44 Ukázka principu stehování zdiva [8]

U pasivních trhlin bych volila metodu injektáže zdiva. Principem injektáže je vpravování chemického roztoku do zdiva a jeho dutin i pórů. Volba výběru vhodného injektážního materiálu je především dána účelem injektáže a druhem a vlastnostmi injektovaného zdiva. Na opravu trhlin ve zdivu používáme vždy materiál, který má minimálně stejnou nebo vyšší pevnost, jakou má původní materiál. V minulosti byly používány aktivované cementové malty, betonové směsi, ale v dnešní době se používají syntetické materiály například organické pryskyřice, epoxidy, polyuretany. Postup opravy zahrnuje odsekání omítky kolem trhliny v šířce min 150 mm, vyčištění trhliny od úlomků a prachu, dále injektujeme trhlinu (cementovou suspenzí, organickými pryskyřicemi, epoxidy či polyuretany). Následně zabandážujeme trhlinu elastickou tkaninou nebo perlinkou min. o šířce 150 mm pomocí lepicího tmelu. Posledním krokem je oprava omítky. [8]

Při jakémkoliv stavebním zásahu v kulturní památce a v jejím okolí je majitel povinen konzultovat nebo předem předložit návrh pracovníkům památkové péče ke schválení.

5 Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo provedení stavebně – technického průzkumu historického objektu v obci Roudno. Průzkum byl zejména zaměřen na posouzení vlhkostního stavu objektu, zjištění a identifikaci poruch a vad v celém objektu.

V teoretické části byla zhodnocena základní problematika vlhkosti a salinity v památkově chráněných stavbách, nastíněny hlavní projevy a příčiny výskytu vlhkosti, metodika zjišťování vlhkosti v těchto stavbách a zhodnocen stav objektu a navrhnutá možná sanační řešení.

Pro daný objekt jsem provedla stavebně technický průzkum zaměřený na vlhkostní stav budovy. Z objektu bylo odebráno dvanáct vzorků pro stanovení vlhkosti a salinity zdiva. Dále byly posouzeny fyzikální a mechanické vlastnosti u pěti cihelných vzorků odebraných z části zborcené klenby za účelem možného dalšího použití při rekonstrukci kleneb. Z výsledků jednotlivých měření zaměřených na fyzikální a mechanické vlastnosti cihelných vzorků, které byly posuzovány z hlediska možnosti opětovného použití pro rekonstrukci, bylo zjištěno, že materiál je nestejnorodý, pevnosti v tlaku jsou proměnlivé. Z daných poznatků o historických cihlách bych k nim přistupovala obezřetně a nedoporučovala bych jejich použití v nosných konstrukcích, z důvodu proměnlivých pevností v tlaku.

Z podrobně stavebně technického průzkumu bylo zjištěno, že hospodářská část se potýká s velmi vysokou vlhkostí a vysokým zasolením, konkrétně s vysokým obsahem dusičnanů. Řešení problematiky vlhkosti u kulturní památky je specifické a musí se k ní přistupovat obezřetně a respektovat použité materiály v minulosti a snažit se je obnovit. Pro zvolení účinného opatření proti vlhkosti neznáme důležité poznatky o stavu podzemní vody a typu vody působící na objekt. Pro to bych doporučila před návrhem jakýchkoliv sanačních metod provést podrobnější průzkum zaměřený na hydrogeologické a geologické podmínky v daném území. Dané průzkumy by sloužily k objasnění průběhu a výšky hladiny podzemní vody, k určení podloží v daném území, posouzení stavu základů.

6 Seznam použitých pramenů:

- [1] BALÍK, Michael. *Odvhlčování staveb*. 2., přeprac. vyd. Praha: Grada Publishing, 2008. ISBN 978-80-247-2693-9.
- [2] BALÍK, Michael a Jaroslav SOLAŘ. *Odvodnění domu: anglické dvorky, drenáže, vzduchové dutiny*. 2., přeprac. vyd. Praha: Grada Publishing, 2010. ISBN 978-80-247-3393-7.
- [3] FÁRA, Pavel. *Sanace vlhkého zdiva*. Vyd. 1. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek - STOP, 2003. ISBN 80-86657-02-7.
- [4] VLČEK, Milan a Petr BENEŠ. *Poruchy a rekonstrukce staveb II*. Brno: ERA, 2005. ISBN 80-7366-013-X.
- [5] P. Kotlík a kolektiv, *Stavební materiály historických objektů*, Praha: VŠCHT, 1999. ISBN: 9788070803479.
- [6] WITZANY, Jiří. *PDR - poruchy, degradace a rekonstrukce*. Vyd. 1. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-80-01-04488-9.
- [7] MENCL, Vojtěch. *Stavebně technické průzkumy: MP 8.1*. 1. vyd. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydává Informační centrum ČKAIT, 2012. ISBN 978-80-87438-27-5.
- [8] VLČEK, Milan, Petr Beneš, Věra Maceková, Ivan Moudrý, Miloslav Novotný. *Poruchy a rekonstrukce staveb I*. Vyd. 3. Brno: ERA, 2006. ISBN 80-7366-073-3.
- [9] LIPANSKÁ, Eduarda. *Historické klenby*. Vyd. 1. Praha: EL Consult, 1998. ISBN 80-902076-1-8.
- [10] HOŠEK, Jiří a Ludvík LOSOS. *Historické omítky: průzkumy, sanace, typologie*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2007. ISBN 978-80-247-1395-3.
- [11] ČSN P 73 0610. *Hydroizolace staveb - Sanace vlhkého zdiva - Základní ustanovení*, Praha: Český normalizační institut, 2000, 20 s.

- [12] ČSN ISO 13822. Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014, 44 s.
- [13] ČSN EN 772-1+A1. Zkušební metody pro zdící prvky- Část1: Stanovení pevnosti v tlaku, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016, 9 s.
- [14] ČSN 722603. Stanovenie hmotnosti, objemovej hmotnosti a nasiakavosti, Teychnický a skušobný ústav stavebný, Bratislava, M. Schnabl a kolektívom, 1979, 3.
- [15] ČSN EN 772-16. Zkušební metody pro zdící prvky – Část 16: Stanovení rozměrů, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 14 s.
- [17] Chemické injektáže zdiva [online]. 2016 [cit. 2016-010-04]. Dostupné z: <http://www.mibag.cz/vysouseni/chemicka-injektaz-zdiva>

Seznam obrázků

Obr. 1 Západní pohled na řešený objekt	11
Obr. 2 Zdroje vlhkostí [1]	14
Obr. 3 Průřez a řez pórem s ryhovanou stěnou a dutinou [4]	15
Obr. 4 A – vztlínající vlhkost, B – povrchová kondenzace vnitřní straně zdiva, C – vztlínající vlhkost a kondenzace, E- hygroskopická vlhkost, F- pronikání dešťové vody [3]	27
Obr. 5 Princip metody probourávání zdiva [6]	32
Obr. 6 Ruční podřezávání zdiva [4]	33
Obr. 7 Princip řezání lanovou soupravou [4]	33
Obr. 8 Princip metody zařezávání izolačních plechů [4]	34
Obr. 9 Princip vytvoření chemické clony ve zdivu [4]	35
Obr. 10 Systém otevřeného anglického dvorku [4]	36
Obr. 11 Vzduchová dutina zakrytý systém [4]	37
Obr. 12 Příklad řešení variant umístění nasávajících a výdechových otvorů u předsazených stěn [4]	37
Obr. 13 kotvení a usměrnění proudícího vzduchu [4]	38
Obr. 14 Vodorovná vzduchová mezera pod podlahou, vytvořená zastropením [1]	38
Obr. 15 Vodorovná vzduchová mezera pod podlahou vytvořená pomocí tvarovek [1].	39
Obr. 16 Výskyt podzemní vody ve sklepní části	44
Obr. 17 Česká klenba nacházející se v místnostech 105 a 108	45
Obr. 18 Způsob vyzdění české klenby a české placky v objektu [9]	45
Obr. 19 Pohled na českou placku v části chlévu, místnost 109. Můžeme zde vidět zadní části zborcené klenby a napravo částečné zborcení klenby	47
Obr. 20 Detail vypadnutí kusových cihelných částí české placky v části chlévu, místnost 109	47
Obr. 21 Detail provedení klenby v místnosti 107	48
Obr. 22 Degradace cihelného zdiva patky české klenby v hospodářské skladovací části, místnost 108	48
Obr. 24 Výskyt solí a plísní v objektu	49
Obr. 23 Zřetelné zavlhnutí podlahy a smíšeného zdiva v chodbě místnost 106	49
Obr. 25 Detail biologické degradace mechem a lišejníkem v oblasti soklu na exteriérových omítkách severní strany budovy	49

Obr. 26 Detail tahových trhlin v patě české klenby a české palacký rozmezí šířky 0,5-2,5 mm	50
Obr. 27 Detail trhliny cihelného překladu, kde došlo k vypadnutí břidlicových částí ve vrcholu překladu	50
Obr. 28 Zaznačené tahové trhliny na západní straně objektu	51
Obr. 29 Detail tahových trhlin z pohledu exteriéru a interiéru.	51
Obr. 30 Dokumentace odběrových míst pro stanovení vlhkosti a zasolení (S1-S12 – sekané sondy pro odběr vlhkosti a salinity, v závorce jsou jednotlivé výšky odběrů) ...	52
Obr. 31 Odebrané vzorky Obr. 32 Vzorky umístěné v sušárně	53
Obr. 33 Pracovní sestava karbidové metody	54
Obr. 34 Detail filtrování jednotlivých vzorků a určení obsahu soli pomocí proužků Quantofix	55
Obr. 35 Zkouška přítomnosti aniontu NH_4	55
Obr. 36 Odebrané cihelné vzorky	56
Obr. 37 Připravené série vzorku na jednotlivé zkoušky	56
Obr. 38 Detail stlačení vzorku v lisu	57
Obr. 39 Provádění zkoušky nasákavosti	58
Obr. 40 Půdorys 1.NP s vyznačenými provedenými sondami a mírou zavlhčení	59
Obr. 41 Detail výsledku na kádince u filtrátu vzorku S1	61
Obr. 42 Cihelný vzorek A	62
Obr. 43 Schéma vsakovací jámky	65
Obr. 44 Ukázka principu stehování zdiva	66

Seznam tabulek

Tabulka 1: Rozpustnost vybraných anorganických solí ve vodě [5]	19
Tabulka 2 - Vlhkost zdiva dle ČSN P 73 0610	27
Tabulka 3 - Vlhkost vzduchu ve vnitřním prostředí budov dle ČSN P 73 0610	28
Tabulka 4 - Salinita zdiva dle ČSN P 73 0610	29
Tabulka 5 Výsledky vlhkostního stavu celého objektu	59
Tabulka 6 Vlhkostní výsledky kontrolní karbidové metody	60
Tabulka 7 Výsledky cihelných vzorků na obsah vodorozpustných solí (* $\text{SiO}_4 < 200 \text{ mg/l}$ pod hranicí detekčního limitu; NO_3 500 mg/l nad hranicí detekčního limitu)	61
Tabulka 8 Rozměry odebraných historických cihel, hmotnosti a objemové hmotnosti. 62	

Seznam grafů

Graf 1 Srovnání výsledků gravimetrické a karbidové metody	60
Graf 2 Srovnání průměrných normalizovaných pevností v tlaku cihelných vzorků	63
Graf 3 Průměrné hodnoty nasákavosti cihelných vzorků	63

Seznam rovnic

- 1) $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{C}_2\text{H}_2$
- 2) Vlhkost: $w = \frac{m_d - m_s}{m_s} \cdot 100$ [%]
- 3) Objemová hmotnost: $\rho_{g,u} = \frac{m}{V}$ [kg/m³]
- 4) Pevnost v tlaku: $f_{b,i} = \frac{F}{A}$ [N/mm²]
- 5) Normalizovaná pevnost v tlaku: $f_b = f_{b,i} \cdot \delta$ [N/mm²]
- 6) Nasákavost: $W_s = \frac{m_m - m_s}{m_s} \cdot 100$ [%]

Seznam výkresu

- 1) Výkres 1 Půdorys 1. NP Venkovské usedlosti
- 2) Výkres 2 Půdorys 1. NP Venkovské usedlosti míra zavlhčení

7 Seznam příloh

Příloha 1 Severní pohled na objekt se znatelnými projevy vlhkosti.....	74
Příloha 2 Východní í pohled na objekt	74
Příloha 3 Jižní pohled na objekt.....	75
Příloha 4 Západní pohled na objekt	75
Příloha 5 Odkrytého trámového stropu v místnosti 103	76
Příloha 6 Detail prkenné podlahy v obytné části	76
Příloha 7 Břidličné podlahy v místnosti 101	77
Příloha 8 Kamenná dlažba v chlévu, místnost 109.....	77
Příloha 9 Pohled na klenbu z rubové strany nad místností 107	77
Příloha 10 Schodiště na půdu a do sklepní části.....	78
Příloha 11Rekonstruovaný krov stojatá stolice	78
Příloha 12 Původní stav střešního pláště před rekonstrukcí.	79
Příloha 13 Odběru vzorku pro vlhkostní měření S1a S10	79
Příloha 14 Odběr cihelných vzorků A-D	79
Příloha 15 Vizuální popis odebraných historických cihel	81
Příloha 16 Výsledné hodnoty z pevnosti v tlaku u měřené série A	81
Příloha 17 Výsledné hodnoty z pevnosti v tlaku u měřené série B	82
Příloha 18 Výsledné hodnoty z pevnosti v tlaku u měřené série C	82
Příloha 19 Výsledné hodnoty z pevnosti v tlaku u měřené série D	82
Příloha 20 Výsledné hodnoty z pevnosti v tlaku u měřené série E.....	83
Příloha 21 Výsledky nasákavosti jednotlivých série A-E.....	83

8 Přílohy

Příloha 1 Severní pohled na objekt se znatelnými projevy vlhkosti



Příloha 2 Východní i pohled na objekt



Příloha 3 Jižní pohled na objekt



Příloha 4 Západní pohled na objekt



Příloha 5 Odkrytého trámového stropu v místnosti 103



Příloha 6 Detail prkenné podlahy v obytné části



Příloha 7 Břidličné podlahy v místnosti 101



Příloha 8 Kamenná dlažba v chlévu, místnost 109



Příloha 9 Pohled na klenbu z rubové strany nad místností 107



Príloha 10 Schodište na púdu a do sklepní části



Príloha 11 Rekonštruovaný krov stojatá stolice



Příloha 12 Původní stav střešního pláště před rekonstrukcí.



Příloha 13 Odběru vzorku pro vlhkostní měření S1a S10



Příloha 14 Odběr cihelných vzorků A-E



Příloha 15 Vizuální popis odebraných historických cihel

Číslo vzorku	Stav – poškození ploch a hran	Rovinnost ploch	Struktura a max. zrno	Trhliny	Barva
A	na ploše se vyskytují dutiny max. hloubky 7,5 mm, z jedné strany znatelně poškozené hrany,	nepravidelná, konkávní zakřivení (vzhledem k hladké ploše) do 6,5 mm	nehomogenní, jemnozrnná, max. zrno do 1 mm	výskyt drobných trhlin do 1 mm	světle oranžová
B	na ploše se vyskytují dutiny do 7,6 mm, hrany jsou částečně poškozené	nepravidelná, konvexní zakřivení (vzhledem k hladké ploše) do 3,7 mm	nehomogenní, jemnozrnná, max. zrno do 3,4 mm	výskyt drobných trhlin do 2,94 mm	tmavě oranžová
C	na ploše se vyskytují dutiny do 8,5 mm, hrany jsou značně poškozené	nepravidelná, konkávní zakřivení (vzhledem k hladké ploše) do 2 mm	nehomogenní, jemnozrnná, max. zrno do 7 mm	výskyt drobných trhlin do 1	červená
D	na ploše se vyskytují dutiny do 8 mm, hrany jsou značně poškozené	nepravidelná, konvexní zakřivení (vzhledem k hladké ploše) do 4,8 mm	nehomogenní, jemnozrnná, max. zrno do 4 mm	výskyt drobných trhlin do 1,3	světle oranžová
E	na ploše se vyskytují dutiny do 8 mm, cihla je nepravidelného tvaru, má znatelně poškozené hrany	nepravidelná, konvexní zakřivení (vzhledem k hladké ploše) do 4 mm	nehomogenní, jemnozrnná, max. zrno do 6 mm	výskyt drobných trhlin do 2,15 mm	světle oranžová

Příloha 16 Výsledné hodnoty z pevnosti v tlaku u měřené série A

Číslo vzorku	Šířka [mm]	Délka [mm]	Výška [mm]	Hmotnost m [g]	Síla v tlaku F_c [kN]	Objemová hmotnost ρ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku tělesa $f_{b,i}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost v tlaku f_b [N/mm ²]
A1	52,52	52,10	52,31	272,6	52,2	1904	19,1	16,2
A2	51,92	52,16	51,92	278,2	45,3	1979	16,7	14,2
A3	52,45	52,21	52,86	277,2	62,4	1915	22,8	19,4
A4	52,40	52,07	53,76	285,9	30,0	1949	11,0	9,3
A5	52,58	51,96	52,30	269,6	55,8	1887	20,4	17,4

Příloha 17 Výsledné hodnoty z pevnosti v tlaku u měřené série B

Číslo vzorku	Šířka [mm]	Délka [mm]	Výška [mm]	Hmotnost m[g]	Síla v tlaku F_c [kN]	Objemová hmotnost ρ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku tělesa $f_{b,i}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost v tlaku f_b [N/mm ²]
B1	52,05	51,54	53,03	245,6	16,5	1726	6,1	5,2
B2	52,46	51,60	51,62	234,6	17,0	1679	6,3	5,3
B3	51,60	52,62	52,32	241,2	24,8	1698	9,1	7,8
B4	52,13	52,03	51,55	239,9	27,9	1716	10,3	8,7
B5	52,11	52,22	51,75	245,3	22,1	1742	8,1	6,9
B6	51,05	53,40	52,12	238,5	16,9	1679	6,2	5,3
B7	52,75	52,24	52,82	244,4	25,1	1679	9,1	7,7

Příloha 18 Výsledné hodnoty z pevnosti v tlaku u měřené série C

Číslo vzorku	Šířka [mm]	Délka [mm]	Výška [mm]	Hmotnost m[g]	Síla v tlaku F_c [kN]	Objemová hmotnost ρ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku tělesa $f_{b,i}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost v tlaku f_b [N/mm ²]
C1	51,62	52,80	52,50	256,8	30,3	1795	11,1	9,4
C2	52,98	52,74	53,15	257,2	24,7	1732	8,8	7,5
C3	52,34	51,83	52,49	253,3	37,0	1779	13,6	11,6
C4	53,34	51,77	52,09	259,2	40,4	1802	14,6	12,4
C5	52,22	52,61	52,67	252,2	24,1	1743	8,8	7,5
C6	51,85	52,41	52,29	260,5	23,5	1833	8,7	7,4
C7	53,43	52,6	51,78	251,7	28,8	1730	10,2	8,7

Příloha 19 Výsledné hodnoty z pevnosti v tlaku u měřené série D

Číslo vzorku	Šířka [mm]	Délka [mm]	Výška [mm]	Hmotnost m[g]	Síla v tlaku F_c [kN]	Objemová hmotnost ρ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku tělesa $f_{b,i}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost v tlaku f_b [N/mm ²]
D1	52,47	51,69	52,73	242,5	3,2	1696	1,2	1,0
D2	51,96	52,13	52,16	237,7	16,0	1682	5,9	5,0
D3	52,24	52,30	53,31	243,7	15,2	1673	5,5	4,7
D4	51,95	51,74	52,58	239,4	9,8	1694	3,6	3,1
D5	52,32	51,93	51,73	243,4	13,7	1732	5,0	4,3
D6	51,15	52,77	52,96	248,0	9,7	1735	3,6	3,0
D7	52,56	52,15	52,60	249,2	11,3	1728	4,1	3,5

Příloha 20 Výsledné hodnoty z pevnosti v tlaku u měřené série E

Číslo vzorku	Šířka [mm]	Délka [mm]	Výška [mm]	Hmotnost m[g]	Síla v tlaku F_c [kN]	Objemová hmotnost ρ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku tělesa $f_{b,i}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost v tlaku f_b [N/mm ²]
E1	51,74	53,38	52,12	255,8	23,1	1777	8,4	7,1
E2	51,54	52,33	52,18	253,4	15,6	1801	5,8	4,9
E3	52,32	52,83	52,07	252,6	22,9	1755	8,3	7,0
E4	51,29	52,11	51,75	247,6	21,5	1790	8,0	6,8
E6	52,61	51,32	51,70	25,7	20,6	184	7,6	6,5

Příloha 21 Výsledky nasákavosti jednotlivých série A-E

Vzorek	m_s [g]	m_n [g]	Nasákavost [%]
A6	274,40	312,60	12,22
A7	282,70	305,40	7,43
A8	279,00	319,00	12,54
B8	231,10	279,80	17,41
B9	234,90	283,80	17,23
B10	238,00	286,20	16,84
C8	256,10	295,80	13,42
C9	259,70	299,60	13,32
C10	258,00	298,40	13,54
D8	237,10	282,80	16,16
D9	247,60	294,40	15,90
D10	237,20	281,80	15,83
E5	245,80	289,40	15,07
E7	247,40	290,00	14,69
E8	245,90	288,20	14,68